

Joel Virtanen

Jäähdytyskoneen hyödyntäminen lämpöpump- puna toimistotalokäytössä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

13.5.2013

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Joel Virtanen Jäähdytyskoneen hyödyntäminen lämpöpumpppuna toimistorakentamiseksi 71 sivua + 10 liitettä 13.5.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI, suunnittelupainotteinen
Ohjaaja(t)	yliopettaja Jukka Yrjölä LVI-insinööri Harri Nyssölä
<p>Insinööriyössä tutkittiin vaihtuvatoimisen lämpöpumpun (ilma-vesilämpöpumpun) hankinnan kannattavuutta vedenjäähdytyskoneeseen verrattuna olemassa olevalle toimistorakennukselle. Tarkasteltavat jäähdytyslaitteet olivat molemmat ilmalauhdutteisia ja ulkosovitteisia, ja ne ajateltiin asennettaviksi toimistorakennuksen vesikatolle. Toimistorakennuksen lämmöntuotantomuotona on kaukolämpö, johon vaihtuvatoimiselta lämpöpumpulta saatavaa lämpöä verrattiin. Työn tavoitteena oli selvittää, mihin lämmitysverkostoon vaihtuvatoimiselta lämpöpumpulta kannattaisi lämpö johtaa sen ollessa lämmityskäytöllä. Tutkimuksella selvitettiin, kuinka paljon rahaa voitaisiin säästää johtamalla lämpö patteriverkoston tai ilmanvaihdonlämmitysverkoston lämmitykseen sekä kuinka pitkäksi muodostuisi vaihtuvatoimisen lämpöpumpun takaisinmaksuaika vedenjäähdytyskoneeseen verrattuna. Tutkimuksen perusteella vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla voitiin säästää n. 2 740 euroa vuodessa johdettaessa lämpö patteriverkoston lämmitykseen ja n. 772 euroa johdettaessa lämpö ilmanvaihdon tuloilman lämmitykseen. Ilmanvaihdon lämmitystä tutkittaessa lämpö johdettiin vain ilmanvaihtokoneille, jotka on varustettu lämmöntalteenotoilla ja jäähdytyspattereilla. Jäähdytyspattereita ja ilmanvaihdon jäähdytysputkistoa voitaisiin hyödyntää lämmitystarkoituksessa silloin, kun toimistorakennuksessa ei ole jäähdytystehontarvetta. Tämänkaltaisella tarkastelulla kustannuksia ei muodostuisi uusien lämmityspankujen rakentamisen osalta.</p> <p>Patteriverkoston lämmitystä tutkittaessa tutkittiin patteriverkoston paluuvien lämmittämistä vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla. Jotta patteriverkoston paluuvettä voitaisiin lämmittää, pitäisi toimistorakennuksen vesikatolta rakentaa uusi lämmityspankisto lämmönjakohuoneeseen. Kustannuslaskelmien perusteella vaihtuvatoiminen lämpöpumppu aiheuttaisi putkistoinen ja tarvikkeinen asennettuna n. 42 000 euroa suuremmat investointikustannukset vedenjäähdytyskoneeseen verrattuna. Kun tutkimuksessa laskettiin vaihtuvatoimisen lämpöpumpun takaisinmaksuajat, valittiin tarkastelutilanteiksi lämmönjohtaminen patteriverkostolle ja ilmanvaihdon lämmitysverkostolle. Patteriverkoston lämmitystä tutkittaessa vaihtuvatoimisen lämpöpumpun takaisinmaksuajaksi saatiin yli 15 vuotta. Tutkittaessa ilmanvaihdonlämmitysverkoston lämmittämistä takaisinmaksuajaksi saatiin yli 11,5 vuotta. Tutkimuksen perusteella toimistorakennukseen, jonka lämmitysmuotona on kaukolämpö, ei kannata hankkia vaihtuvatoimista lämpöpumppua sen pitkän takaisinmaksuajan vuoksi.</p>	
Avainsanat	vedenjäähdytyskone, vaihtuvatoiminen lämpöpumppu, ilma-vesilämpöpumppu, lämmitys, jäähdytys

Author(s) Title	Joel Virtanen The use of a cooling device as a heat pump in an office building
Number of Pages Date	71 pages + 10 appendices 13 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructor(s)	Jukka Yrjölä, Principal Lecturer Harri Nyyssölä, Heat Engineer
<p>The purpose of the final year project was to compare the profitability of a reversible heat pump (air to water heat pump) to air cooled chiller in an existing office building connected to the district heating network. Also, the project studied two heating networks, a radiator one and a ventilation one, to establish into which of them the heat from the reversible heat pump should be led when it was used for heating. Also, the annual savings and repayment length of the heat pump were calculated for comparison.</p> <p>The project exploited a simulated model of the target office building, made with an energy simulation program, called RIUSKA, and Carrier's selection program for cooling devices.</p> <p>It was established that leading heat from a reversible heat pump to the radiator heating network would save approximately 2 740 €/a with a repayment period of over 15 years. Leading heat from a reversible heat pump to a ventilation heating network would save approximately 772 €/a with a repayment period of over 11.5 years.</p> <p>The conclusion of the project is that it is not worth purchasing a reversible heat pump to an existing office building connected to district heating network because of long the repayment period.</p>	
Keywords	cooling device, reversible heat pump, air to water heat pump, heating, cooling

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kylmäkoneiston toimintaperiaate	2
2.1	Kylmäkoneiston termodynamiikka	2
2.2	Ideaalinen kylmäprosessi	3
2.3	Todellinen kylmäprosessi	7
3	Välilliset jäähdytysjärjestelmät	8
4	Ilma-vesilämpöpumppujen toiminta	9
4.1	Ilma-vesilämpöpumppu lämmityskäytössä	9
4.2	Ilma-vesilämpöpumppu jäähdytyskäytössä	10
5	Tutkimuksen suorittamiseen tarvittavat lähtötiedot	11
5.1	Kiinteistön lähtötiedot	11
5.1.1	Tilojen lämmitys	12
5.1.2	Ilmanvaihtokoneet	12
5.1.3	Lämmin käyttövesi	13
5.1.4	Jäähdytysverkosto	15
5.2	Kiinteistön energiankulutustiedot ja vuotuinen ostoenergian määrä	20
5.2.1	Kiinteistön energiankulutustiedot	20
5.2.2	Kiinteistön vuotuiset ostoenergiakustannukset	22
6	Vedenjäähdytyskoneen ja vaihtuvatoimisen lämpöpumpun valitseminen	25
6.1	Vedenjäähdytyskone	28
6.2	Vaihtuvatoiminen lämpöpumppu	30
7	Lämpöpumpun hyödyntäminen kiinteistön patteri- tai ilmanvaihtoverkoston lämmityksessä	33
7.1	Lämpöpumpun hyödyntäminen patteriverkoston lämmityksessä	39
7.1.1	Vuotuinen kaukolämmön osuus hyödynnettäessä lämpöpumppua patteriverkoston lämmityksessä	40
7.1.2	Vuotuiset sähkökustannukset hyödynnettäessä lämpöpumppua patteriverkoston lämmityksessä	44
7.1.3	Vuotuiset säästöt hyödyntämällä lämpöpumppua patteriverkoston lämmityksessä	46
7.2	Lämpöpumpun hyödyntäminen ilmanvaihdon lämmitykseen	47

7.2.1	Ilmanvaihtokoneiden jäähdytyspattereiden tehojen tarkistus lämmityksen kannalta	47
7.2.2	Vuotuinen kaukolämmön osuus hyödynnettäessä lämpöpumppua ilmanvaihdon lämmityksessä	54
7.2.3	Vuotuiset kaukolämpökustannukset hyödynnettäessä lämpöpumppua ilmanvaihdon lämmitykseen	56
7.2.4	Lämpöpumpun käytöstä aiheutuvat vuotuiset sähkökustannukset hyödynnettäessä sitä ilmanvaihdon lämmitykseen	58
7.2.5	Vuotuiset säästöt hyödyntämällä lämpöpumppua ilmanvaihdon lämmitykseen	59
7.3	Tulosten analysoiminen	60
8	Investointilaskelmat	65
8.1	Vedenjäähdytyskone	65
8.2	Vaihtuvatoiminen lämpöpumppu	66
9	Takaisinmaksuaika	67
10	Yhteenveto	68
	Lähteet	71
	Liitteet	
	Liite 1. Lämmitysjärjestelmän säätökaavio	
	Liite 2. Jäähdytysjärjestelmän säätökaavio	
	Liite 3. Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun PID-kaavio	
	Liite 4. Kaukolämmön hintoihin perustuva hinnasto	
	Liite 5. Sähkön hintoihin perustuva hinnasto	
	Liite 6. Osa Carrierin ilmalauhdutteisten vedenjäähdytyskoneiden hinnastosta 2012 (teholuokat 160–802 kW)	
	Liite 7. Kiinteistöön sopivan vedenjäähdytyskoneen investointilaskelmat	
	Liite 8. Kiinteistöön sopivan vaihtuvatoimisen lämpöpumpun investointilaskelmat	
	Liite 9. Etyleeniglykolin putkimitoitustaulukot	
	Liite 10. Teräksisten lämpöjohtojen mitoitusdiagrammi	

1 Johdanto

Tässä työssä vertaillaan olemassa olevalle toimistotalolle kahta erityyppistä jäähdytyslaitetta. Vertailtavat jäähdytyslaitteet ovat tavallinen vedenjäähdytyskone, jolla voidaan toteuttaa pelkästään jäähdytys, ja vaihtuvatoiminen lämpöpumppu (ilma-vesilämpöpumppu), jolla voidaan jäähdytyksen lisäksi tuottaa lämpöä. Työssä selvitetään vaihtuvatoimisen lämpöpumpun hankinnan kannattavuutta olemassa olevalle kiinteistölle, joka on liitetty kaukolämpöverkkoon. Tutkimuksen kohteena on tarkastella lämmön johtamista patteriverkoston tai ilmanvaihdon lämmitykseen lämpöpumpun ollessa lämmityskäytössä. Tutkimuksen tavoite on selvittää, olisiko taloudellisesti kannattavaa lämmittää kiinteistössä olevia tiloja tai ilmanvaihtokoneiden tuloilmaa vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla verrattuna kaukolämpöön. Tutkimus suoritetaan laskennallisesti hyödyntämällä RIUSKA-energiansimulointiohjelmalla kiinteistöstä tehtyä simulointia sekä käyttämällä Carrierin jäähdytyslaitteiden mitoittamiseen tarkoitettua ohjelmaa. Kiinteistöstä tehdystä simuloinnista saadaan vuositason tunnin tarkkuudella tiloihin ja ilmanvaihtoon tarvittavat lämmitys- ja jäähdytystehot. Carrierin jäähdytyslaitteiden mitoitusohjelmasta saadaan lämpökertoimet vaihtuvatoimiselle lämpöpumpulle eri ulkolämpötiloilla ja menoveden lämpötiloilla. Työssä vertaillaan kiinteistön tämänhetkisiä patteriverkostolle ja ilmanvaihdon lämmitykselle tarvittavia ostoenergiakustannuksia tilanteeseen, jossa lämmityksessä hyödynnettäisiin vaihtuvatoimista lämpöpumppua.

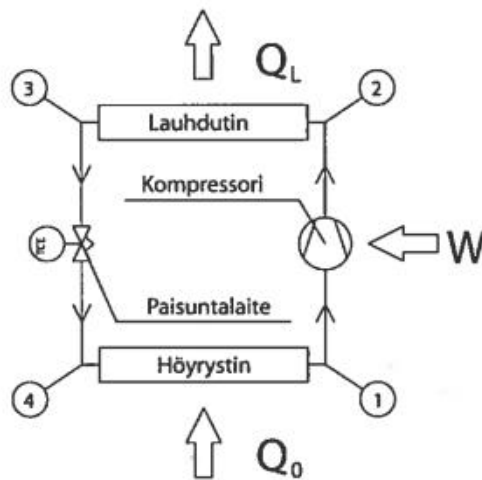
Työ tehdään Granlund Oy:lle, jossa nykyinen käytössä oleva vedenjäähdytyskone ollaan lähivuosina uusimassa. Nykyinen vedenjäähdytyskone palvelee ilmanvaihdon jäähdytystä (n. 80 %) ja passiivijäähdytyspalkkiverkoston jäähdytystä (n. 20 %). Kiinteistössä hyödynnetään vapaajäähdytystä ulkolämpötilan ollessa riittävän matala. Vapaajäähdytystä on tarkoitus hyödyntää vedenjäähdytyskoneen uusimisen jälkeenkin.

Granlund Oy on talotekniikan alan konsulttitoimisto, joka yritystoiminnassaan panostaa energiatehokkaisiin ratkaisuihin. Konsernissa työskentelee yli 400 työntekijää, jotka jakautuvat talotekniseen suunnitteluun, kiinteistö-, energia- ja ohjelmistotalalle. (10.)

2 Kylmäkoneiston toimintaperiaate

2.1 Kylmäkoneiston termodynamiikka

Kylmäkoneiston toiminta perustuu suljetussa piirissä kiertävään kylmäaineeseen, jossa se höyrystyy höyrystimessä ja lauhtuu nesteeksi lauhduttimessa (1, s. 10). Termodynamiikan toisen pääsäännön mukaan systeemi hakeutuu kohti termodynaamista tasapainotilaa; lämpö siirtyy siis aina itseään korkeammasta lämpötilasta matalampaan (2, s. 22). Kylmäaineen höyrystymisen on siis tapahduttava ympäristön lämpötilaa matalammassa lämpötilassa, ja lauhtumisen on puolestaan tapahduttava ympäristön lämpötilaa korkeammassa lämpötilassa, jotta lämmönsiirtyminen korkeammasta lämpötilasta matalampaan olisi mahdollista. Höyrystymisessä kylmäaineeseen sitoutuu ympäristössä olevaa lämpöä ja lauhtumisessa kylmäaine vapauttaa ympäristöön lämpöä. Kylmäkoneistossa oleva kompressorin saa kylmäaineen kiertämään prosessissa. (1, s. 10.) Kuvassa 1 on esitetty kylmäkoneistossa olevat pääkomponentit.



Kuva 1. Kylmäkoneiston pääkomponentit ja kylmäprosessin kierto (1, s. 10).

Kuvan 1 numeroinnin välillä 1–2 kompressorin imee matalassa paineessa olevan höyrystimessä höyrystyneen kylmäainehöyryn ja kompressorin puristaa sen korkeaan paineeseen samalla tehden työtä. Kompressorissa höyryn paine ja lämpötila kohoavat. Välillä 2–3 korkeapaineinen kuuma höyry nesteytyy, eli lauhtuu lauhduttimessa. Kylmäaineen lauhtuminen luovuttaa ympäristöön lämpöä. Ympäristön lämpötilan on siis oltava lauhtumislämpötilaa matalampi, jotta lämmönsiirtyminen on mahdollista. Välillä

3–4 korkeapaineinen nestemäinen kylmäaine kulkeutuu paisuntalaitteeseen, jossa sen paine sekä lämpötila laskevat ja kylmäaine muuttuu neste-höyryseokseksi. Välillä 4–1 matalassa paineessa oleva neste-höyryseos menee höyrystimeen, jossa kylmäaine muuttuu kokonaan höyryksi. Höyrystymiseen tarvitaan lämpöä, joka siirtyy kylmäaineeseen esim. ympäröivästä ilmasta. Lopuksi kylmäainehöyry vielä hieman lämpenee eli tulistuu. (1, s. 10.)

2.2 Ideaalinen kylmäprosessi

Ideaaliseksi kylmäprosessiksi kutsutaan Carnot-prosessia. Carnot-prosessissa kylmäaineen höyrystyminen ja lauhtuminen tapahtuvat isotermisesti, eli vakio­lämpötilassa. Carnot-prosessissa paisuntalaitteessa kylmäaineen paineen aleneminen ja kompresso-
rissa paineen kasvaminen tapahtuvat vakio entropiassa, eli isentrooppisesti. (2, s. 23.) Carnot-prosessin kylmä- ja lämpökertoimet ovat suurimpia mahdollisia kertoimia, jotka prosessi voi saavuttaa (1, s. 11). Carnot-prosessin kylmäkerroin lasketaan kaavalla 1

$$\varepsilon = \frac{T_0}{T_L - T_0}, \text{ jossa} \quad (1)$$

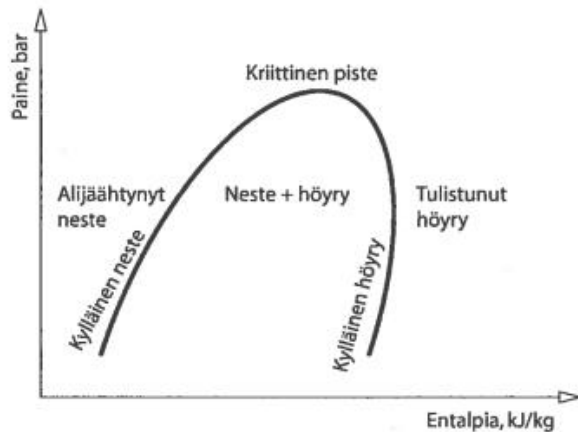
ε on kylmäkerroin, T_0 on höyrystymislämpötila (K) ja T_L on lauhtumislämpötila (K) (1, s. 11).

Carnot-lämpökerroin lasketaan puolestaan kaavalla 2

$$\varphi = \frac{T_L}{T_L - T_0}, \text{ jossa} \quad (2)$$

φ on lämpökerroin, T_0 on höyrystymislämpötila (K) ja T_L on lauhtumislämpötila (K) (1, s. 11).

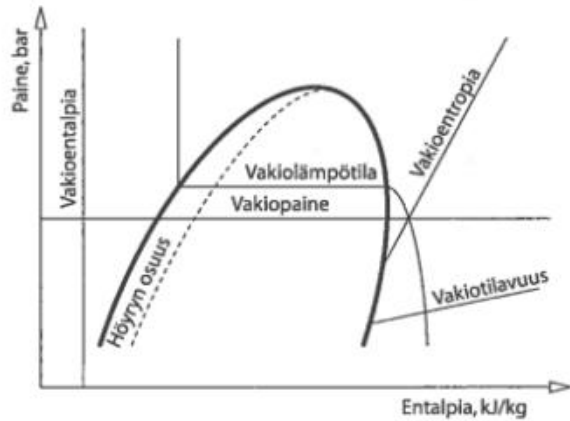
Kylmätekniset prosessit piirretään yleensä log p, h-tilapiirrokseen (2, s. 24). Kuvassa 2 on esitetty kylmäaineen log p, h-tilapiirros.



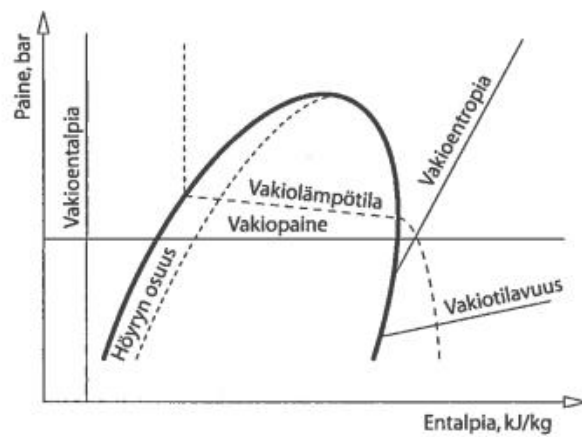
Kuva 2. Kylmäaineen eri olomuodot log p, h-tilapiirroksessa (1, s. 11).

Kuvasta nähdään kylmäaineen eri olomuodot. Kuvan paksulla viivalla piirrettyä käyrää kutsutaan kylmäaineen rajakäyräksi. Rajakäyrällä kylmäaine esiintyy joko kylläisenä nesteenä tai kylläisenä höyrynä. Rajakäyrän huipulla on kriittinen piste, jossa höyry ei enää lauhdu. Kylläisen nesteen rajakäyrän vasemmalla puolella kylmäaine esiintyy alijäähtyneenä nesteenä. Kylläisen höyryn oikealla puolella kylmäaine esiintyy tulistuneena höyrynä. Rajakäyrien välisellä alueella kylmäaine esiintyy nesteen ja höyryn sekoituksena. (1, s. 11.)

Log p, h-tilapiirroksista pystytään selvittämään kylmäaineen prosessin eri kohdassa oleva lämpötila, paine, entropia, ominaistilavuus, entalpia ja höyryn osuus. Log p, h-tilapiirroksat vaihtelevat kylmäainetyypeittäin. Atseotrooppiset kylmäaineseokset ja yksikomponenttiset kylmäaineet höyrystyvät ja lahtuvat vakio­lämpötilassa. Näiden kylmäaineiden kylläisen nesteen ja kylläisen höyryn välinen lämpötilakäyrä on tämän vuoksi suora. Tseotrooppisten kylmäaineseosten lämpötila muuttuu höyrystymisen ja lauh tumisen välillä. Tämän johdosta näille kylmäaineille ominaisissa log p, h-tilapiirroksissa kylläisen nesteen ja kylläisen höyryn välinen lämpötilakäyrä on vino. (1, s. 11–12.) Kuvassa 3 on esitetty atseotrooppiselle kylmäaineseokselle ominainen log p, h-tilapiirros ja kuvassa 4 on esitetty tseotrooppisen kylmäaineseoksen log p, h-tilapiirros.

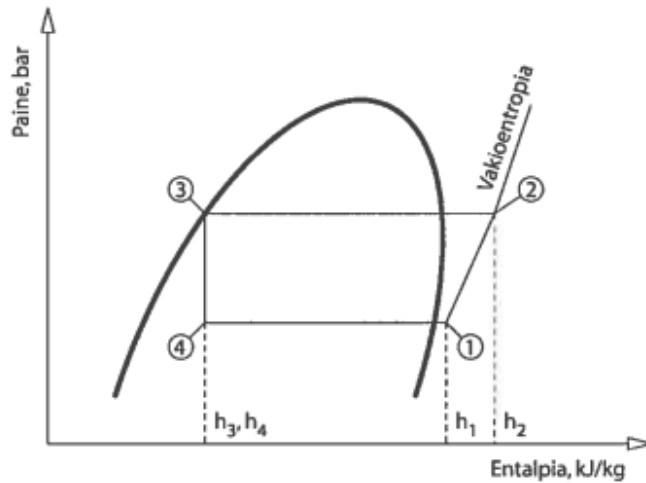


Kuva 3. Log p, h-tilapiirros yksikomponenttisille ja atseotrooppisille kylmäaineille (1, s. 11).



Kuva 4. Log p, h-tilapiirros tseotrooppisille kylmäaineille (1, s. 12).

Log p, h-tilapiirroksista voidaan määrittää prosessin eri kohdissa olevat entalpiat. Entalpiaerojen avulla voidaan laskea kylmäprosessissa höyrystimen sitoma lämpömäärä, kompressorin tekemä työ ja lauhduttimen luovuttama lämpömäärä. (1, s. 12.) Kuvassa 5 on esitetty ideaalisen kylmäprosessin log p, h-tilapiirros.



Kuva 5. Ideaalinen kylmäprosessi log p, h-tilapiirroksessa (1, s. 12).

Kuvasta voidaan lukea kylmäaineen prosessin eri pisteissä olevat entalpiat. Kylmäprosessi on vastaavanlainen kuin aiemmin kuvassa 1. Höyrystyminen sijoittuu log p, h-tilapiirroksessa kohtiin 4–1. Kuvasta voidaan huomata höyrystymisen menevän hieman kylläisen höyryn rajakäyrän oikealle puolelle, tätä kutsutaan kylmäaineen tulistumiseksi. Kuvan kohdissa 1–2 tapahtuu kompressorin puristus. Tässä höyryn paine kohoaa ja kylmäaine tulistuu vielä enemmän. Kuten kuvasta nähdään, kompressorin tekemä puristus tapahtuu vakioentropiakäyrää pitkin; kyseessä on häviötön (isentrooppinen) puristus. Kuvan kohdissa 2–3 tapahtuu kylmäaineen lauhtuminen, ja kohdissa 3–4 kylmäaine johdetaan lauhduttimesta paisuntalaitteen kautta höyrystimelle. (1, s. 12.)

Kuvan 5 avulla voidaan laskea prosessille ominaiset kylmä- ja lämpökertoimet entalpiaerojen avulla. Kylmäkerrointa laskettaessa vähennetään pisteen 1 entalpia pisteen 4 entalpiasta, entalpiaeroista saadaan höyrystimen sitoma lämpö Q_0 . Lämpökerrointa φ laskettaessa vähennetään pisteen 2 entalpia pisteen 3 entalpia, entalpiaeroista saadaan lauhduttimen luovuttama lämpö Q_L . Kompressorin tekemä työ W saadaan pisteen 2 ja pisteen 1 entalpiaeroista. Prosessin kylmäkerroin ε lasketaan kaavalla 3 (1, s. 10). Kylmäkerroin ilmoitetaan joissakin tapauksissa englanninkielisellä lyhenteellä EER (Energy Efficiency Ratio) (2, s. 26).

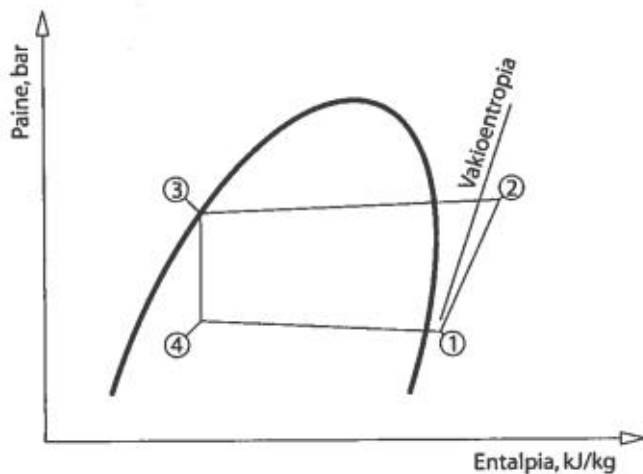
$$\varepsilon = \frac{Q_0}{W} \quad (3)$$

Prosessin lämpökerroin lasketaan kaavalla 4 (1, s. 10). Lämpökerroin ilmoitetaan toisinaan englanninkielistä lyhennettä käyttäen COP-lukuna (Coefficient of Performance) (2, s. 28).

$$\varphi = \frac{Q_L}{W} \quad (4)$$

2.3 Todellinen kylmäprosessi

Todellisessa kylmäprosessissa höyrystimessä, lauhduttimessa ja kompressorissa tapahtuu painehäviöitä. Myös höyrystimeltä kompressorille menevässä imuputkessa, sekä kompressorilta lauhduttimelle menevässä nesteputkessa, tapahtuu lämpöhäviöitä. (1, s. 12.) Kuvassa 6 on esitetty todellinen kylmäprosessi log p, h-tilapiirroksessa.

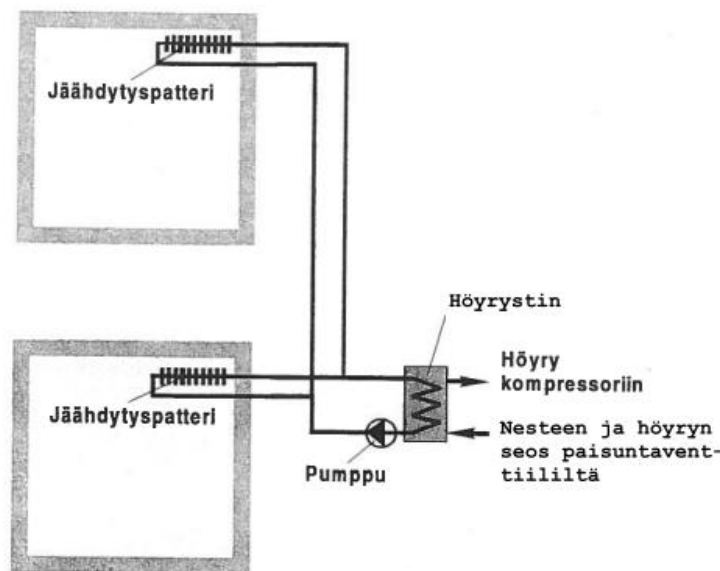


Kuva 6. Todellinen kylmäprosessi log p, h-tilapiirroksessa (1, s. 13).

Kuvasta voidaan huomata, että kylmäaineen höyrystyminen ei tapahdu vakio­lämpötilassa, vaan kohtien 4–1 välinen suora kaartuu hieman alas. Tämä johtuu höyrystimen sekä kompressorille menevän imuputken painehäviöistä. Kompressorin puristus, kohdissa 1–2, ei kulje enää vakioentropiasuoraa pitkin, vaan kaartuu myös hieman oikealle. Tämä johtuu kompressorin isentrooppisesta hyötysuhteesta, mikä on usein välillä 0,6–0,7. Isentrooppiseen hyötysuhteeseen vaikuttavat esimerkiksi kompressorin tyyppi, painesuhde sekä kierrosnopeus. Kylmäaineen lauh tumisen, kohdissa 2–3, välinen suora kaartuu hieman alas. Tämä johtuu kompressorilta lauhduttimelle menevän paineputken ja lauhduttimen painehäviöistä. (1, s. 12–13.)

3 Välilliset jäähdytysjärjestelmät

Suorasta jäähdytyksestä poiketen välillisellä jäähdytysjärjestelmällä tarkoitetaan sellaista järjestelmää, jossa lämmönsiirtoon käytetään jotakin väliainetta, ei-höyrystyvää kylmäliuosta (3, s. 11). Suorassa jäähdytyksessä tilasta poistettava lämpö sidotaan suoraan kylmäkoneiston kylmäaineeseen höyrystimen avulla; höyrystin sijaitsee suoraan jäähdytettävässä kohteessa (4, s. 281). Välillisessä järjestelmässä siis jäähdytettävästä kohteesta poistetaan lämpöä erillisen, ympäristön lämpötilaa alhaisemman, liuoksen välityksellä. Tämä liuos jäähdytetään matalaan lämpötilaan erillisellä lämmönsiirtimellä, jossa kylmäkoneistossa kiertävä kylmäaine jäähdyttää jäähdytettävien kohteiden kylmäliuosta. (3, s. 14.) Vedenjäähdytyskoneet ovat siis välillisiä jäähdytysjärjestelmiä, sillä niissä käytetään kylmäliuosta lämmönsiirtonesteenä. Kuvassa 7 on esitetty välillinen jäähdytysjärjestelmä.



Kuva 7. Välillinen jäähdytysjärjestelmä (muokattuna 3, s. 14).

Kuvasta nähdään, että tilojen jäähdytys on toteutettu jäähdytyspattereiden avulla. Jäähdytyspattereissa kiertää kylmäliuos, joka saadaan kiertämään lämmönsiirtimen ja jäähdytyspattereiden välillä erillisellä pumpulla. Lämmönsiirtimenä toimii kylmäkoneiston höyrystin, jossa kylmäkoneiston kylmäaine höyrystyy matalassa lämpötilassa. Kylmäliuospiirin paluuneste palaa lämpimänä lämmönsiirtimeen, jossa se luovuttaa lämpöä ensiöpuolella kiertävään kylmäaineeseen. Tämän seurauksena kylmäliuos jäähtyy.

4 Ilma-vesilämpöpumppujen toiminta

Lämpöpumpuista, jotka pystyvät lämmittämään ja jäähdyttämään, käytetään nimitystä vaihtuvatoimiset lämpöpumput (2, s. 41). Ulkoilmalämpöpumput, jotka siirtävät lämpöä ilmasta ilmaan (ilma-ilmalämpöpumppu) tai ilmasta veteen (ilma-vesilämpöpumppu), ovat höyryn kompressioon perustuvia lämpöpumppuja (2, s. 32). Lämpöpumppujen toiminnan muuttaminen lämmityksestä jäähdytykseen ja toisinpäin, toteutetaan lämpöpumpussa olevalla neliteisellä vaihtoventtiilillä. Jäähdytystilanteessa lämpöpumpun ulkoyksikkö toimii lauhduttimena, joka luovuttaa kylmäaineeseen sitoutuneen lämmön puhaltimen avulla ympäristöön. Lämmitystilanteessa kylmäaineen virtaussuuntaa muutetaan siten, että lauhdutin ja höyrystin vaihtavat paikkoja; ulkoyksikkö toimii tällöin höyrystimenä ja sisäyksikkö lauhduttimena. Lämmitystilanteessa höyrystin sitoo ulkoilmasta lämpöä puhaltimen avulla kylmäaineeseen, joka luovutetaan lauhduttimessa lämpöpumpun tyypistä riippuen joko ilmaan tai veteen. (2, s. 41.) Kuvissa 8 ja 9 on esitetty tarkemmin vaihtoventtiilin toiminta ja kylmäaineen virtaussuunnan muuttuminen ilma-vesilämpöpumpussa lämmitys- ja jäähdytyskäytössä.

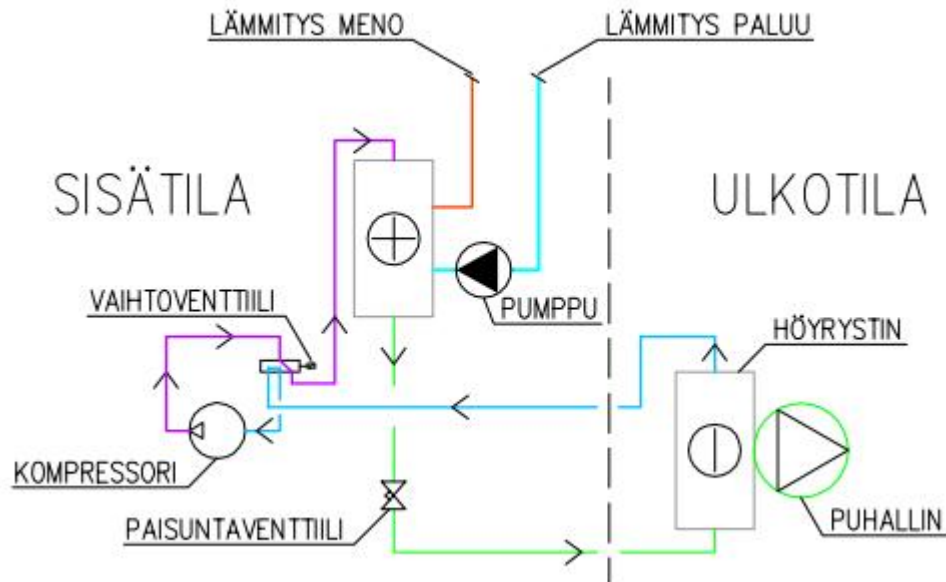
4.1 Ilma-vesilämpöpumppu lämmityskäytössä

Ilma-vesilämpöpumpun toiminta perustuu ulkoilmasta saatavaan lämpöön, joka siirretään koneistossa kiertävään kylmäaineeseen höyrystimessä puhaltimen avulla. Kerätty lämpö johdetaan lauhduttimen avulla väliaineeseen, veteen, joka palvelee lämmitysverkostoa, lämpimän käyttöveden lämmitystä tai molempia. Koska ilma-vesilämpöpumput käyttävät ulkoilmaa lämmönlähteenä, liittyy niiden käyttöön tiettyjä rajoituksia ulkoilman lämpötilan vuoksi:

- Lämpökerroin heikkenee ulkolämpötilan laskiessa.
- Höyrystimeen muodostuu kondenssia.
- Höyrystin jäätyy talvisin, jolloin sitä pitää sulattaa aika-ajoin. (2, s. 33.)

Ulkolämpötilan aleneminen alle -10 °C heikentää huomattavasti ilma-vesilämpöpumpun lämpökerrointa. Kun ulkolämpötila on alle $-20\text{...}-25\text{ °C}$, lämpökerroin laskee lähelle yhtä, jolloin ilma-vesilämpöpumppu tuottaa suunnilleen saman määrän lämpöä kuin siihen syötetään sähköä. Tällaisessa tilanteessa ilma-vesilämpöpumppua ei voida enää käyttää energiatehokkaasti. Kun sulatuksen vaatima energiamäärä otetaan huo-

mioon ilma-vesilämpöpumpun lämpökertoimeen sen ollessa jo valmiiksi lähellä yhtä, lämpökerroin saattaa tippua alle yhden, jolloin siitä saatava energiamäärä on pienempi kuin siihen syötetty. (2, s. 33, 35–36.)

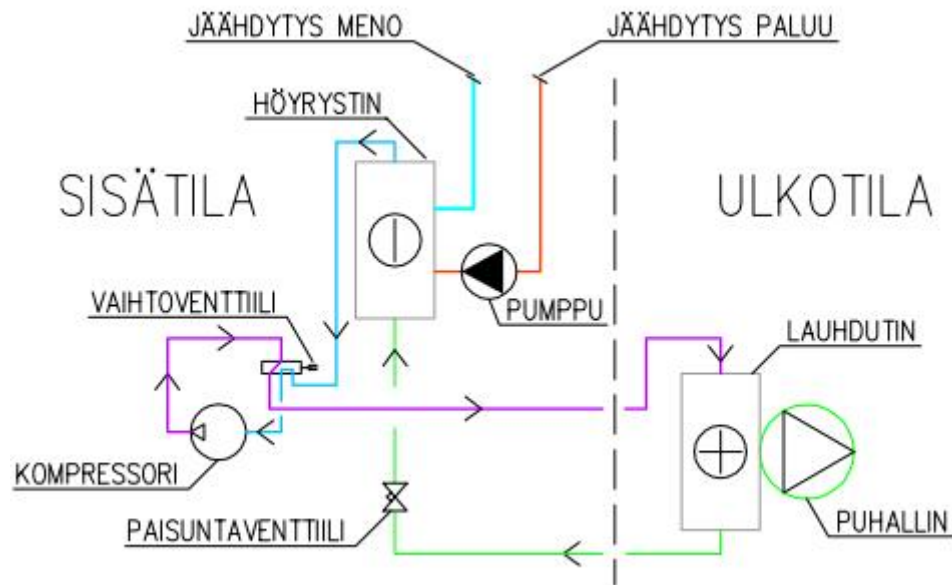


Kuva 8. Periaatekuva lämmityskäytössä olevan ilma-vesilämpöpumpun neliteisen vaihtventtiilin toiminnasta ja kylmäaineen kierrosta prosessissa.

Kuvassa ilma-vesilämpöpumpun ulkoyksikkönä toimii höyrystin, joka sitoo ulkoilmasta lämpöä kylmäaineeseen puhaltimen avulla. Sidottu lämpö luovutetaan lauhduttimessa väliaineeseen, joka on kuvassa lämmitysverkoston menovettä.

4.2 Ilma-vesilämpöpumppu jäähdytyskäytössä

Kun ilma-vesilämpöpumppua käytetään jäähdytykseen, toimii silloin sen ulkoyksikkö lauhduttimena ja sisäyksikkö höyrystimenä. Jäähdytystilanteessa kylmäaineen virtaus-suunta vaihdetaan päinvastaiseksi kuin lämmitystilanteessa. Virtaussuuntaa vaihdetaan käyttäen ilma-vesilämpöpumpussa olevaa neliteistä vaihtventtiiliä. (2, s. 41.)



Kuva 9. Periaatekuva jäähdytyskäytössä olevan ilma-vesilämpöpumpun neliteisen vaihtoventtiilin toiminnasta ja kylmäaineen kierrosta prosessissa.

Jäähdytystilanteessa höyrystin toimii sisäyksikkönä, ja sen avulla jäähdytysverkoston paluuveden lämpö luovutetaan ilma-vesilämpöpumpun kylmäaineeseen. Lämpö johdetaan edelleen kylmäaineen kautta ulkoilmaan lauhduttimessa olevan puhaltimen avulla.

5 Tutkimuksen suorittamiseen tarvittavat lähtötiedot

5.1 Kiinteistön lähtötiedot

Kiinteistö on Helsingin Malmilla sijaitseva Granlund Oy:n emokonttori. Helsinki kuuluu säävyöhykkeeseen I, jolloin siellä sijaitseville rakennuksille käytetään lämmityksessä ulkolämpötilan mitoitusarvona -26 °C (5, s. 29). Säävyöhykkeen I vuoden keskilämpötila on $5,3\text{ °C}$, joka perustuu vuosien 1980–2009 Helsinki-Vantaan lentoaseman säähavaintoaseman mittaustuloksiin (5, s. 29). Kiinteistö on liitetty Helsingin kaupungin kaukolämpöverkkoon. Rakennuksen bruttopinta-ala on $12\,535\text{ m}^2$ ja bruttotilavuus $32\,000\text{ m}^3$.

5.1.1 Tilojen lämmitys

Kiinteistön tilojen lämmitys on toteutettu vesikiertoisilla radiaattoreilla, ns. lämmityspattereilla. Kiinteistön tiloja lämmitetään ma–su klo 00.00–24.00. Patteriverkoston mitoituslämpötilat ovat 70/40 °C. Tämä tarkoittaa sitä, että lämmityspattereihin menevän veden lämpötila on 70 °C ja niistä palaavan veden lämpötila on 40 °C, mitoitusulkolämpötilassa –26 °C. Patteriverkoston menovettä lämmitetään kiinteistön kellaritilassa lämmönjakokeskuksessa lämmityksen lämmönsiirtimessä. Lämmityksen lämmönsiirtimen teho on 300 kW. Lämmitykseen kuluva energiamäärä on esitetty tarkemmin luvussa 5.2. Liitteen 1 sivulla 2 on esitetty kiinteistön patteriverkoston säätökaavio.

5.1.2 Ilmanvaihtokoneet

Kiinteistöä palvelee yhteensä 7 ilmanvaihtokonetta. Näistä 3 palvelee toimistotiloja, 3 autohalleja ja 1 saunatilaa. Toimistotiloja palvelevissa ilmanvaihtokoneissa on pyörivät lämmöntalteenottopatterit, jotka siirtävät lämpöä poistoilmasta tuloilmaan. Saunatilaa ja autohalleja palvelevien ilmanvaihtokoneiden tuloilma lämmitetään ainoastaan lämmityspattereiden avulla. Kiinteistön ilmanvaihto on päällä arkipäivisin klo 7.00–18.00. Saunatilan ja toimistotilojen ilmanvaihtokoneet on varustettu jäähdytyspattereilla. Ilmanvaihdon lämmitysteho on 700 kW, ja verkoston lämmönsiirrin sijaitsee kellarissa lämmönjakokeskuksessa. Ilmanvaihdon lämmitykseen kuluva energiamäärä on esitetty tarkemmin luvussa 5.2. Liitteen 1 sivulla 3 on esitetty kiinteistön ilmanvaihtoverkoston säätökaavio. Taulukossa 1 on eritelty ilmanvaihtokoneiden palvelualueet, ilmavirrat ja lämmitys- ja jäähdytyspattereiden tehot.

Taulukko 1. Kiinteistöä palvelevat ilmanvaihtokoneet.

Ilmanvaihtokone	Palvelualue	Ilmavirta (m ³ /s) tulo/poisto	Lämmityspatterin teho (kW)	Jäähdytyspatterin teho (kW)
301TK/PK	Toimistot, koillissiipi	4,2/3,6	93,6	103
302TK/PK	Toimistot, 1...3krs keskiosa	4,3/3,5	98,1	108,2
303TK/PK	Saunaosasto	0,4/0,4	23	10,6
304TK/PK	Toimistot, 1...3krs lounaissiipi	2,9/2,7	67,2	73,9
305TK/PK	Paikoitustila, koillissiipi	2,1/2,2	90,7	-
306TK/PK	Paikoitustila, keskiosa	2,0/2,1	86,4	-
307TK/PK	Paikoitustila, lounaissiipi	2,0/2,1	86,4	-
Yhteensä			545,4	295,7

Taulukosta nähdään ilmanvaihtokoneiden palvelualueet ja kunkin ilmanvaihtokoneen tulo- ja poistoilmavirrat sekä lämmitys- ja jäähdytyspattereiden tehot. Lämmityspatterit ovat mitoitettu lämpötiloille 60/40 °C ja jäähdytyspatterit lämpötiloille 7/12 °C. Toimisto- ja palvelevien ilmanvaihtokoneiden tuloilmakanavissa on vielä erillisiä jälkilämmityspattereita. Näiden pattereiden tehoja ei ole huomioitu taulukossa, sillä niiden tehot ovat marginaalisen pieniä. Taulukossa esiintyvät ilmavirrat ovat vain ilmanvaihtokoneiden ilmavirtoja, niissä ei ole otettu huomioon kiinteistöä palvelevien huippuimureiden ilmavirtoja. Tämän vuoksi useissa koneissa poistoilmavirta on pienempi kuin tuloilmavirta.

5.1.3 Lämmin käyttövesi

Kiinteistössä lämmintä käyttövettä käyttävät pääsääntöisesti WC:issä olevat hanat, saunatilassa olevat suihkut ja valmistuskeittiö. Lämpimän käyttöveden lämmönsiirtimen teho on 230 kW, ja se sijaitsee myös lämmönjakokeskuksessa. Lämpimän käyttöveden mitoituslämpötilat ovat 10/58 °C. Lämpimään käyttöveteen kuluva energiamäärä on esitetty tarkemmin luvussa 5.2.



Kuva 10. Kaukolämmön lämmönjakokeskus.

Kuvassa 10 on kiinteistön kaukolämmön lämmönjakokeskus, jossa siniset laatikot ovat lämmönsiirtimiä. Vasemmalla oleva (pienin koko ja pienin lämmitysteho) lämmönsiirrin on lämpimän käyttöveden lämmönsiirrin, keskimäinen on lämmityksen- ja oikeanpuoleinen on ilmanvaihdon (suurin koko ja suurin teho) lämmönsiirrin. Kuvassa 11 on esitetty kiinteistön lämmityksen yksinkertaistettu kytkentäkaavio.



Kuva 12. Carrier 30HS-161 -vedenjäähdytyskone.

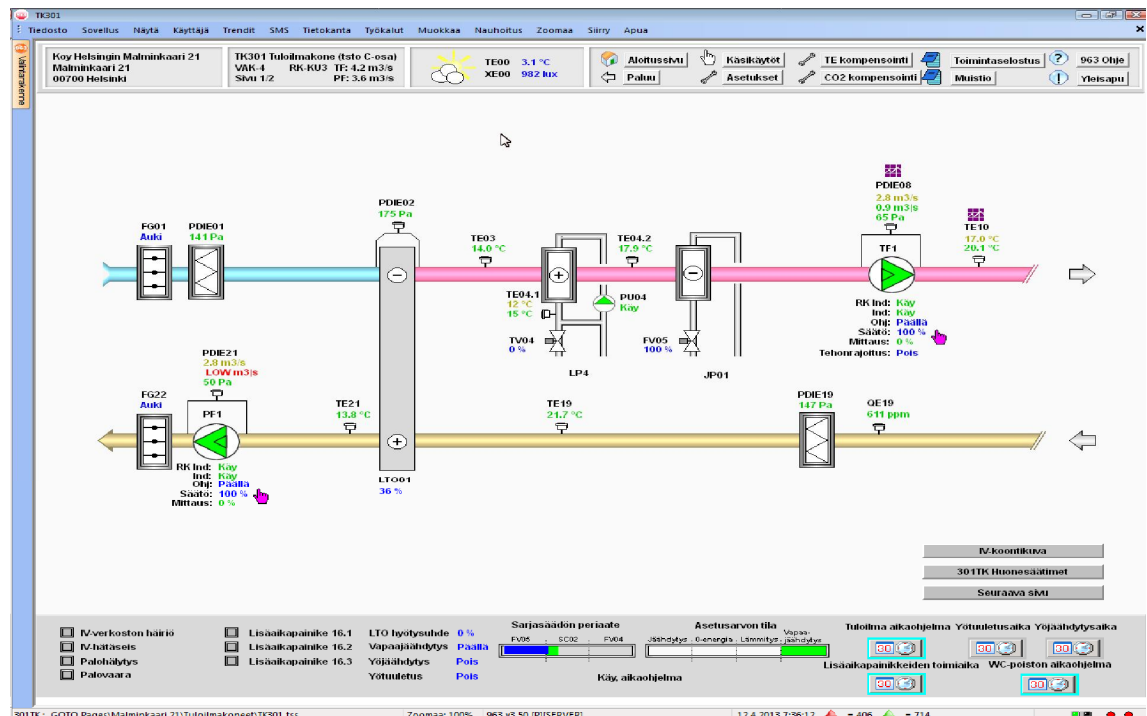
Kuvassa 12 näkyvä vedenjäähdytyskone on nykyinen kiinteistössä käytössä oleva. Vedenjäähdytyskoneen alaosassa nähdään neljä rinnankytkettyä puolihermeettistä mäntäkompressoria. Vasemmalla takana oleva sininen säiliö on vedenjäähdytyskoneen nestesäiliö.

Kylmäaine R22 on tyypiltään HCFC-aine, eli osittain halogenoitu hiilivety. HCFC-aineiden uuskäyttö on ollut kiellettyä jo vuodesta 2010 saakka, sillä ne tuhoavat otsonikerrosta. HCFC-aineita käyttävien laitteiden huoltamiseen saa kuitenkin vielä vuoden 2014 loppuun saakka käyttää regeneroituja tai kierrätettyjä HCFC-aineita. Niidenkin käyttö lopetetaan kokonaan 2015 vuoden loppuun mennessä EU:n asettaman otsoniasetuksen mukaisesti. (6.)

Jäähdytyspalkkiverkosto on mitoitettu menevän veden lämpötilalle 15 °C ja sieltä palaavan veden lämpötilalle 17 °C, ilmanvaihdon jäähdytyksen mitoituslämpötilat ovat 7/12 °C. Verkostossa kiertävä vesi jäähdytetään matalaan lämpötilaan vedenjäähdytyskoneella. Ulkolämpötilan ollessa riittävän viileä käytetään menoveden jäähdyttämi-

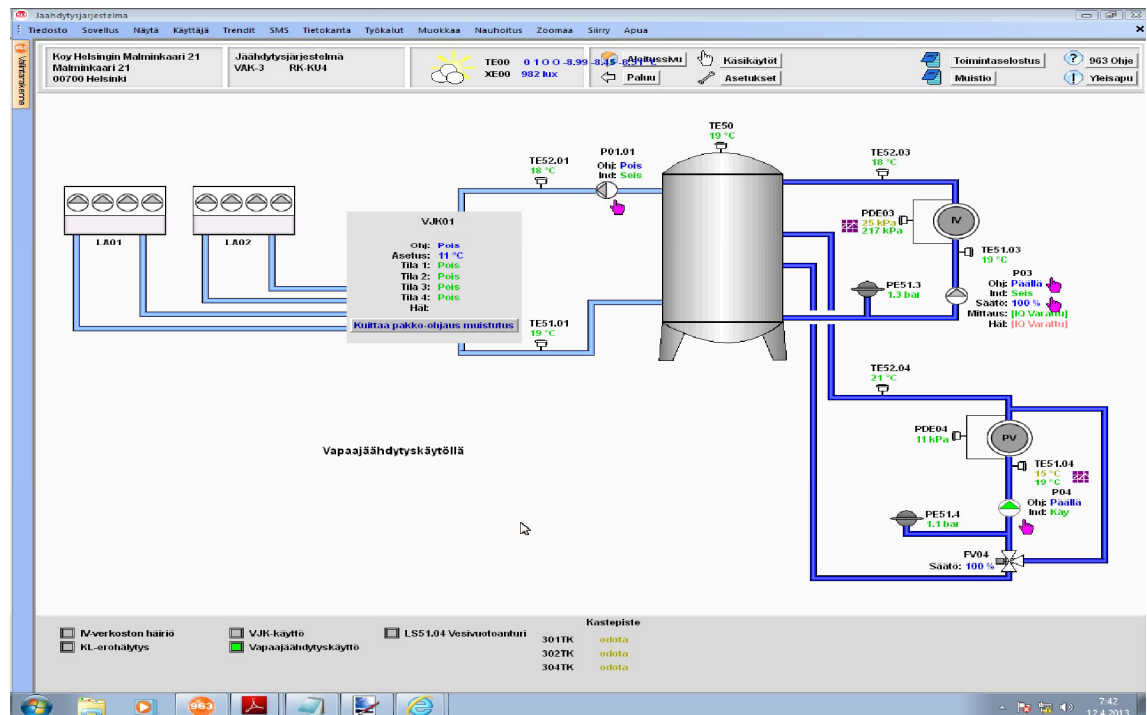
seen vapaajäähdytystä. Kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmässä ei ole tiettyä asetusarvoa, missä ulkolämpötilassa vapaajäähdytys lähtee käyntiin, vaan se kytke-
tään päälle manuaalisesti. Vapaajäähdytyksellä tarkoitetaan suoraan ulkoilmasta saa-
tavaa viileän ilman hyväksikäyttöä jäähdytystarkoituksessa, joka johdetaan lämmönsiir-
timen avulla jäähdytyspalkkiverkoston menoveteen (7, s. 5). Vapaajäähdytystä on
mahdollista käyttää ulkolämpötilan ollessa alle 10 °C (7, s. 5).

Kiinteistössä käytössä oleva vapaajäähdytys on toteutettu siten, että matalalla ulko-
lämpötilalla vedenjäähdytyskoneen toiminta pysäytetään. Jäähdytyspalkkiverkoston
paluuvettä ohjataan ilmanvaihtokoneiden jäähdytyspattereille. Ulkolämpötilan ollessa
matala ilmanvaihtokoneiden pyörivien lämmöntalteenottopattereiden kierrosnopeutta
rajoitetaan, jolloin poistoilmasta ei saada niin paljoa lämpöä hyödyksi tuloilmaan. Kiin-
teistön ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenottopattereiden jälkeen seuraavat lämmi-
tyspatterit ja niiden jälkeen jäähdytyspatterit. Vapaajäähdytyskäytöllä ilmanvaihtoko-
neen lämmityspatterin vesivirtaa rajoitetaan sitä ohjaavalla moottoriventtiilillä, jolloin
tuloilman lämpeneminen minimoidaan ilmavirran kulkiessa lämmityspatterin läpi. Ku-
vassa 13 on esitetty kiinteistön koillisliiven toimistoja palvelevan ilmanvaihtokoneen
toimintakaavio, josta selviää tarkemmin kiinteistön vapaajäähdytys.



Kuva 13. 301TK/PK:n toimintakaavio vapaajäähdytyskäytöllä.

Kuva on otettu kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmästä. Kuvankaappaushetkellä ulkolämpötila on ollut 3,1 °C, kuten kuvan yläpalkissa näkyvä ulkolämpötila-anturi TE00 kertoo. Tässä tilanteessa ilmanvaihtokone imee ulkoilmaa, jonka lämpötila on 3,1 °C. Kuvassa näkyvän pyörivän lämmöntalteenottopatterin pyörimisnopeus on rajoitettu 36 %:iin maksimiarvosta. Tuloilman lämpötila-anturi TE03 kertoo ilman lämpötilan olevan 14 °C lämmöntalteenoton jälkeen, lämmöntalteenotto lämmittää tuloilmaa siis yli 10 °C. Lämmityspatterin moottoriventtiili FV04 on täysin kiinni, jolloin lämmityspatterissa virtaa yhtä lämmin vesivirta kuin lämmöntalteenottopatterin jälkeisen ilman lämpötila on. Ilman lämpötila on siis sama lämmityspatterin jälkeen kuin sitä ennen. Kuitenkin kuvassa näkyvä lämpötila-anturi TE04.2 kertoo ilman lämpötilan olevan 17,9 °C lämmityspatterin jälkeen. Lämpötila-anturi antaa väärää mittaustietoa, sillä paikan päällä on käyty katsomassa ilmanvaihtokoneesta, että ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin moottoriventtiili on täysin kiinni. Ilma kulkee seuraavaksi jäähdytyspatterin läpi, jonka moottoriventtiili FV05 on täysin auki. Jäähdytyspatterille ohjataan jäähdytyspalkkiverkoston paluuvettä, jonka lämpötila on 19 °C (kuvan 14 mukaan). Jäähdytyspatteri toimii tässä tilanteessa lämmityspatterina, sillä se lämmittää tuloilmaa. Tuloilman lämmittämisen seurauksena jäähdytyspalkkiverkoston paluuveden lämpötila laskee. Toimistoihin menevän ilman lämpötila on lämpötila-anturin TE10 mukaan 20,1 °C, asetusarvo on 17,0 °C. Jotta toimistoihin menevän tuloilman lämpötila saataisiin asetusarvon mukaiseksi vapaajäähdytyksen avulla, pitäisi lämmöntalteenottopatterin pyörimisnopeutta vielä pienentää.



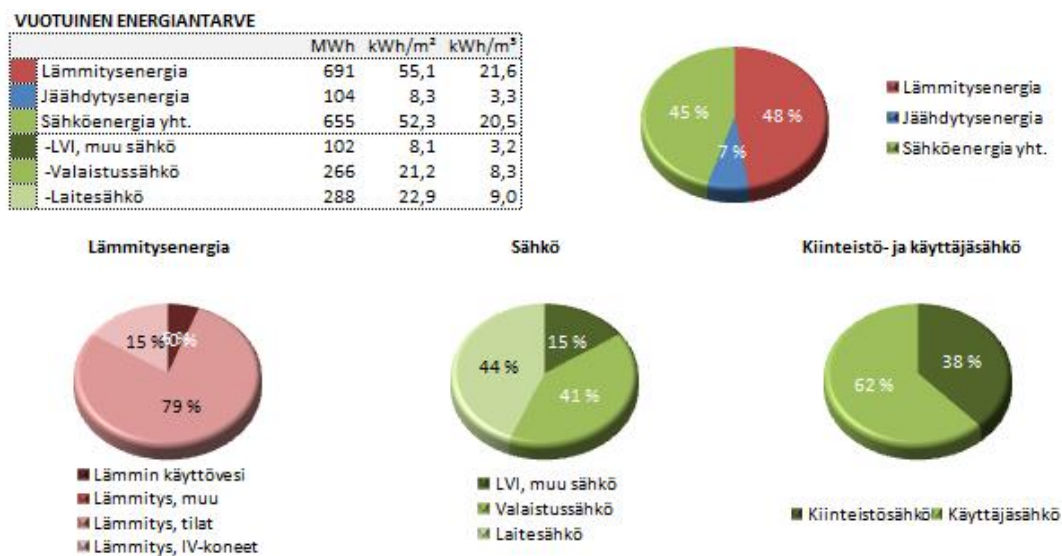
Kuva 14. Jäähdytysverkoston toimintakaavio vapaajäähdetykskäytöllä.

Kuvassa 14 on esitetty kiinteistön jäähdytysverkoston toimintakaavio. Kuva toimintakaaviosta on otettu rakennusautomaatiojärjestelmästä vapaajäähdetykskäytön ollessa toiminnassa. Kuvassa näkyy jäähdytysverkoston tasaussäiliö, jonka oikealla puolella on esitetty ilmanvaihdon jäähdytysverkosto ja jäähdytyspalkkiverkosto. Tasaussäiliön vasemmalla puolella on esitetty vedenjäähdytyskone ja sen lauhduttimet. Kuten kuvasta nähdään, vedenjäähdytyskone ja sen vesiverkoston pumppu ovat poissa päältä. Lämpötila-anturi TE50 ilmoittaa tasaussäiliössä olevan veden lämpötilan, kuvankaappaushetkellä se on ollut 19 °C. Jäähdytyspalkkiverkostoon menevän veden lämpötilan asetusarvo on 15 °C lämpötila-anturin TE51.04 mukaisesti; kuvassa se on kuitenkin 19 °C ja palaavan veden lämpötila on lämpötila-anturin TE52.04 mukaan 21 °C. Ilmanvaihdon jäähdytysverkostoon menevän veden lämpötila on 19 °C lämpötila-anturin TE51.03 mukaan ja palaavan veden lämpötila on 18 °C lämpötila-anturin TE52.03 mukaan. Kuvasta voidaan huomata vapaajäähdetyksen alentavan ilmanvaihdon jäähdytysvettä 1 °C.

5.2 Kiinteistön energiankulutustiedot ja vuotuinen ostoenergian määrä

5.2.1 Kiinteistön energiankulutustiedot

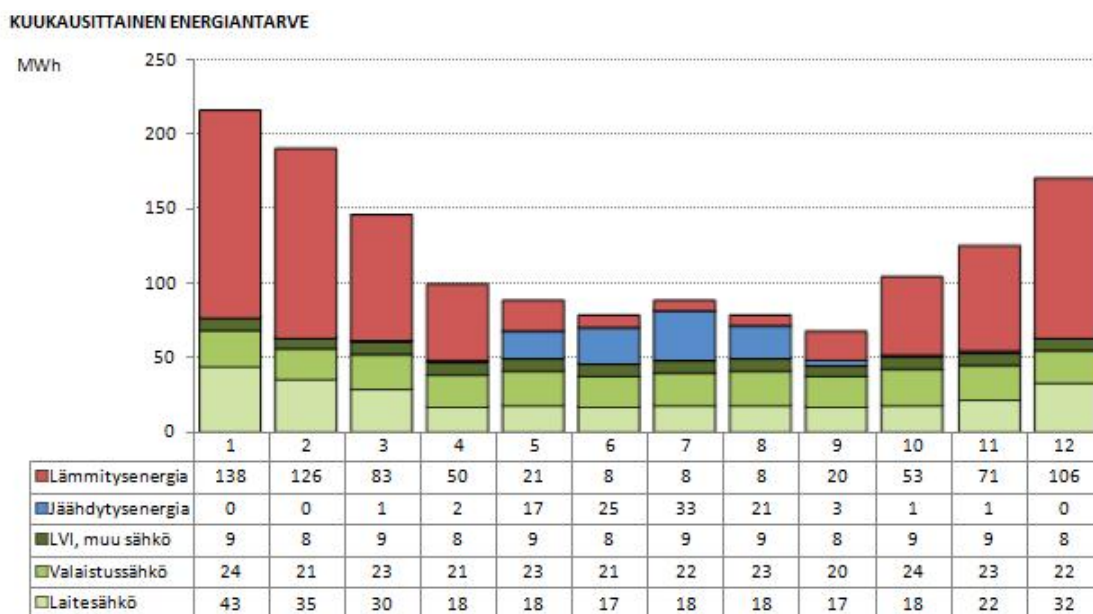
Työssä tutkitaan lämmön johtamista joko patteriverkoston tai ilmanvaihdon lämmitykseen vaihtuvatoimisen lämpöpumpun ollessa lämmityskäytössä. Jotta tutkimusta voidaan lähteä suorittamaan, tarvitaan kiinteistön vuotuiset energiankulutusmäärät tilojen ja ilmastovaihdon lämmittämiseen. Energiankulutustiedot on saatu RIUSKA-energisimulointiohjelman avulla kiinteistöstä simuloidusta mallista. RIUSKAn avulla on saatu kiinteistön energiankulutusjakauma vuosi- ja kuukausitasolla lämmitys- ja jäähdytysenergialle sekä sähkönkulutukseen käytetylle energialle.



Kuva 15. Kiinteistön lämmitys-, jäähdytys-, ja sähköenergiantarpeet vuositason tasolla.

Kuvassa 15 on esitetty kiinteistön vuotuinen energiantarve jaettuna lämmitykseen, jäähdytykseen ja sähkönkulutukseen menevään energiaan. Kuvasta huomataan, että suurin yksittäinen osuus (48 %) kiinteistön energiasta kuluu vuodessa lämmitykseen. Tilojen lämmittämiseen eli patteriverkostoon kuluu vuodessa 79 % kokonaislämmitysenergiamäärästä. Toiseksi suurin osuus lämmitysenergiasta (15 %) kuluu ilmanvaihdon lämmityspattereille tarvittavaan energiaan. Ilmanvaihdon lämmitysenergia pienentää oleellisesti ilmanvaihtokoneiden pyörittävillä lämmöntalteenottopattereilla saatu lämpö. Ilman näitä laitteita ilmanvaihdon lämmitysenergia olisi merkittävästi suurempi. Pienin osuus (6 %) lämmitysenergiasta kuluu käyttöveden lämmitykseen. Jäähdytysenergian osuus on 7 % kiinteistön vuotuisesta kokonaisenergiasta. Kuvassa esiinty-

vä jäähdytysenergiamäärä on ainoastaan jäähdytettävistä kohteista poistettua lämpöä, se ei sisällä vedenjäähdytyskoneen käyttämää sähköä. Jäähdytysenergiämäärässä ei ole myöskään otettu huomioon vapaajäähdytyksen osuutta. Luvussa 5.2.2 jäähdytysenergia on muutettu sähköenergiaksi hyödyntämällä vedenjäähdytyskoneen kylmäkerrointa.



Kuva 16. Kiinteistön lämmitys-, jäähdytys-, ja sähköenergiantarpeet kuukausitasolla.

Kuvassa 16 on esitetty kiinteistön kuukausittainen energiantarve jaettuna lämmitykseen, jäähdytykseen ja sähkönkulutukseen menevään energiaan. Kuvasta nähdään, että tammikuussa lämmitysenergian osuus on suurimmillaan. Tammikuussa myös sähkönkulutus on suurimmillaan. Lämmitysenergian tarve pienenee kohti kesäkuukausia ja alkaa taas suurentua syyskuusta eteenpäin. Kesäkuukausina, kesä-, heinä- ja elokuu kiinteistön lämmitysenergiankulutus on hyvin pieni. Jäähdytysenergian osuus on puolestaan näinä kuukausina suurimmillaan. Kuvasta nähdään, että tammi–huhtikuun ja syys–joulukuun välisinä aikoina jäähdytysenergiaan tarvittava energiamäärä on lähes olematon.

Taulukko 2. Kiinteistön energiankulutusjakauma kuukausitasolla.

Kuorma	Kust. jaottelu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MWh
Lämmin käyttövesi	Kiinteistö	3,282	2,964	3,282	3,176	3,282	3,176	3,282	3,282	3,176	3,282	3,176	3,282	38,6
Lämmitys, muu	Kiinteistö	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0
Lämmitys, tilat	Kiinteistö	105,352	94,852	67,361	42,295	16,555	4,754	4,671	4,678	16,188	43,581	59,122	85,461	544,9
Lämmitys, IV-koneet	Kiinteistö	29,297	27,948	12,294	4,787	0,871	0,058	0,006	0,055	0,272	5,818	8,496	17,319	107,2
Jäähdytysenergia	Kiinteistö	0,431	0,326	0,666	2,009	17,245	24,658	32,604	21,251	3,099	0,853	0,533	0,418	104,1
Puhallinsähkö	Kiinteistö	6,686	5,814	6,396	6,105	6,686	6,105	6,396	6,686	5,815	6,686	6,396	6,105	75,9
LVI, muu sähkö	Kiinteistö	2,195	1,982	2,195	2,124	2,195	2,124	2,195	2,195	2,124	2,195	2,124	2,195	25,8
Laitesähkö	Kiinteistö	28,900	22,327	15,657	4,256	4,102	3,937	4,076	4,102	3,910	4,102	8,632	19,041	123,0
Valaistussähkö	Kiinteistö	3,303	2,795	2,720	1,724	1,542	1,128	1,166	1,467	1,880	2,526	2,670	3,109	26,0
Laitesähkö	Käyttäjä	14,262	12,469	13,930	13,361	14,340	13,361	13,930	14,340	12,951	14,340	13,771	13,414	164,5
Valaistussähkö	Käyttäjä	20,931	17,829	20,341	19,417	21,262	19,417	20,341	21,262	18,496	21,262	20,339	19,023	239,9
Yhteenveto:														MWh
Lämmitysenergia		138	126	83	50	21	8	8	8	20	53	71	106	691
Jäähdytysenergia		0	0	1	2	17	25	33	21	3	1	1	0	104
LVI, muu sähkö		9	8	9	8	9	8	9	9	8	9	9	8	102
Valaistussähkö		24	21	23	21	23	21	22	23	20	24	23	22	266
Laitesähkö		43	35	30	18	18	17	18	18	17	18	22	32	288
Kiinteistö- ja käyttäjänsähkö														MWh
Kiinteistösähkö		41,1	32,9	27,0	14,2	14,5	13,3	13,8	14,5	13,7	15,5	19,8	30,4	250,8
Käyttäjäsähkö		35,2	30,3	34,3	32,8	35,6	32,8	34,3	35,6	31,4	35,6	34,1	32,4	404,4

Taulukossa 2 on esitetty kiinteistön vuotuiset energiankulutustiedot jaettuna eri lämmitys- ja sähkömuotoihin. Taulukosta nähdään lämpimän käyttöveden osuuden olevan hyvin pieni verrattuna tilojen ja ilmanvaihdon lämmittämiseen tarvittavaan energiamäärään. Tämän vuoksi vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla ei ole järkevää lähteä esilämmitämään lämmintä käyttövettä. Taulukko 2 perustuu kuvaan 16, taulukossa kulutukset on jaoteltu tarkemmin niitä käyttäville kohteille.

5.2.2 Kiinteistön vuotuiset ostoenergiakustannukset

Vuotuiset ostoenergiakulut perustuvat energiankulutustietoihin ja käytettyihin energianhintoihin. Simuloidussa energiankulutuksessa kaukolämmöllä tuotetulle lämmitysenergialle on käytetty hintaa 45 €/MWh ja sähköenergialle 90 €/MWh.

VUOTUINEN OSTOENERGIAN TARVE

	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Energian hinta EUR/MWh	Energian hinta EUR	Perusmaksu EUR	Yhteensä EUR
Lämmitysenergia	690,7	55,1	21,6	45,00	31 082,89	0,00	31 082,89
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Sähköenergia	696,8	55,6	21,8	90,00	62 713,93	0,00	62 713,93
Yhteensä	1 387,6	110,7	43,4	135,00	93 796,82	0,00	93 796,82



Kuva 17. Kiinteistön vuotuinen energiamäärä ja energian hinta.

Kuvassa 17 kiinteistön energiankulutusosuudet jakaantuvat tasan puoliksi lämmitys- ja sähköenergialle. Energiakustannukset eivät jakaudu näin tasapuolisesti: sähköenergian osuus kokonaishinnasta on 67 % ja lämmitysenergian 33 %. Tämä johtuu siitä, että sähköenergian hinta on kaksinkertainen kaukolämmön energianhintaan verrattuna.

Kuten kuvasta 17 nähdään, jäähdytysenergian osuus on 0 MWh. Tämä johtuu siitä, että kuvissa 15 ja 16 jäähdytysenergian osuus esitti vain tuloilmasta ja jäähdytyspalkki-verkostosta pois vietyä energiamäärää. Tämän energian siirtoon tarvittavaa vedenjäähdytyskoneen käyttämää sähköä ei esitetty. Kuvassa 17 jäähdytysenergiamäärä on muutettu sähköenergiaksi käyttämällä vedenjäähdytyskoneen kylmäkerrointa 2,5. Luvussa 2.2 esiintyvistä kylmäkertoimen laskentakaavasta 3 saadaan johtamalla siihen syötetty energiamäärä:

$$W = \frac{Q_0}{\varepsilon} \quad (5)$$

$$W = \frac{104MWh}{2,5} = 41,6MWh$$

Saatu tulos on lisätty vuotuisen sähkönkulutukseen. Kiinteistön vuotuinen sähkönkulutus sisältää käyttäjäsjähkön osuuden ja kiinteistösjähkön osuuden. Taulukon 2 perusteella vuotuinen käyttäjäsjähkö on 404,4 MWh ja kiinteistösjähkö 250,8 MWh. Käyttäjäsjähkö sisältää mm. käytettävien laitteiden (tietokoneet, tulostimet yms.) ja valaistuksen tarvitseman energiamäärän. Vuotuiseksi sähkön ostoenergiamääräksi saadaan siis $(404,4 + 250,8) \text{ MWh} + 41,6 \text{ MWh} = 696,8 \text{ MWh}$. Tulos on sama kuin kuvassa 17 esiintyvä sähköenergiamäärä.

Koska työssä tarkastellaan vaihtuvatoimiselta lämpöpumpulta lämmön johtamista joko patteriverkoston tai ilmanvaihdon lämmitykseen, on hyvä tarkastella niihin vuositasolla käytettyä rahamäärää. Seuraavissa taulukoissa 3 ja 4 on esitetty patteriverkoston ja ilmanvaihdon lämmitykseen käytetyt energia- ja rahamäärät. Taulukoissa esiintyvät kaukolämmön hinnat on katsottu Helsingin Energian kaukolämmönmyynnin hinnastosta. Käytetyiksi hinnoiksi on valittu viimeisimmän täyden toteutuneen vuoden hinnat. Kuukausien tammikuu–lokakuu hinnat perustuvat vuoden 2012 hintoihin ja kuukausien marraskuu–joulukuu vuoden 2011 hintoihin. Tämä hinnasto on liitteenä 4.

Taulukko 3. Kiinteistön kaukolämmöllä tuotetun patteriverkoston lämmitykseen käytetty os-toenergia vuositasolla.

Patteriverkoston lämmitykseen käytetty energia- ja rahamäärä vuositasolla				
Kuukausi	Kausityyppi	Kaukolämmön hinta (€/MWh), alv 0%	Patteriverkoston tarvitsema energiamäärä (MWh)	Maksettu energia (€)
Tammikuu	Huippukukutuskausi	47,39	105,35	4992,6
Helmikuu	Huippukukutuskausi	47,39	94,85	4495,0
Maaliskuu	Talvikausi	44,24	67,36	2980,1
Huhtikuu	Talvikausi	44,24	42,30	1871,1
Toukokuu	Kesäkausi	25,14	16,56	416,2
Kesäkuu	Kesäkausi	25,14	4,75	119,5
Heinäkuu	Kesäkausi	25,14	4,67	117,4
Elokuu	Kesäkausi	25,14	4,68	117,6
Syyskuu	Kesäkausi	25,14	16,19	407,0
Lokakuu	Kesäkausi	25,14	43,58	1095,6
Marraskuu	Talvikausi	43,43	59,12	2567,7
Joulukuu	Talvikausi	43,43	85,46	3711,6
Yht.				22891

Taulukko 4. Kiinteistön kaukolämmöllä tuotetun ilmanvaihdon lämmitykseen käytetty os-toenergiamäärä vuositasolla.

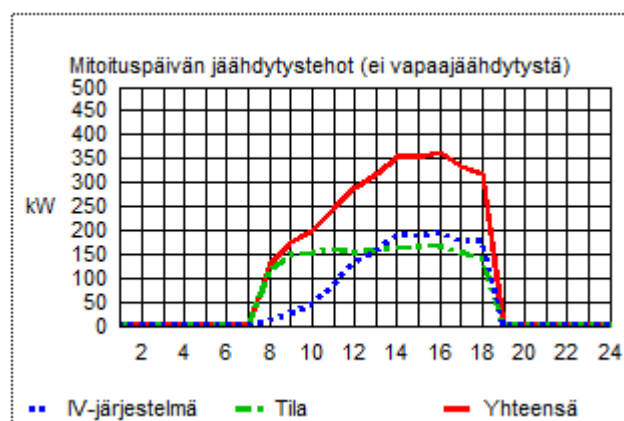
Ilmanvaihdon lämmitykseen käytetty energia- ja rahamäärä vuositasolla				
Kuukausi	Kausityyppi	Kaukolämmön hinta (€/MWh), alv 0%	Ilmanvaihdon tarvitsema energiamäärä (MWh)	Maksettu energia (€)
Tammikuu	Huippukukutuskausi	47,39	29,30	1388,4
Helmikuu	Huippukukutuskausi	47,39	27,95	1324,5
Maaliskuu	Talvikausi	44,24	12,29	543,9
Huhtikuu	Talvikausi	44,24	4,79	211,8
Toukokuu	Kesäkausi	25,14	0,87	21,9
Kesäkuu	Kesäkausi	25,14	0,06	1,5
Heinäkuu	Kesäkausi	25,14	0,01	0,2
Elokuu	Kesäkausi	25,14	0,06	1,4
Syyskuu	Kesäkausi	25,14	0,27	6,8
Lokakuu	Kesäkausi	25,14	5,82	146,3
Marraskuu	Talvikausi	43,43	8,50	369,0
Joulukuu	Talvikausi	43,43	17,32	752,2
Yht.				4768

Taulukoissa 3 ja 4 on vuoden kuukaudet jaoteltu kaukolämmön hinnan määräävän kausityypin mukaan. Kuten taulukoista nähdään, kaukolämmön hinta on tammi- ja helmikuun aikana korkeimmillaan, sillä nämä ovat huippukulutuskausia. Talvikausiksi luetaan maalis- ja huhtikuu sekä marras- ja joulukuu. Talvikausina kaukolämmön hinta on hieman edullisempaa kuin huippukulutuskausina. Kesäkuukausina toukokuu–lokakuu kaukolämmön hinta on edullisinta sen vähäisen tarpeen vuoksi, kuten kuvasta 16 voi-

daan todeta. Taulukoiden 3 ja 4 kuukausittaiset energiamäärät on katsottu taulukosta 2, ja ne perustuvat RIUSKA-energiasimulointiohjelmalla kiinteistöstä tehtyyn simuloituun energiankulutukseen. Maksettu energia on saatu kertomalla kuukausikohtaiset sarakkeet kaukolämmön hinta ja patteriverkoston tai ilmanvaihdon tarvitsema energiamäärä keskenään. Taulukoissa 3 ja 4 alimpana oikealla on esitetty koko vuoden maksettu hinta lämmityksestä. Patteriverkostolle tämä on 22 891 € ja ilmanvaihdon lämmitykselle 4 768 €. Näihin hintoihin ei ole huomioitu arvolisäveron osuutta.

6 Vedenjäähdytyskoneen ja vaihtuvatoimisen lämpöpumpun valitseminen

Kiinteistöön valitaan jäähdytyslaite jäähdytystehontarpeen mukaan. Jäähdytystehontarve arvioidaan RIUSKA-energiasimulointiohjelmalla tehdyn simuloinnin perusteella. Jäähdytystehontarpeen energiasimuloinnin mitoituspäiväksi on valittu RIUSKAN mitoituspäivien kirjastoarvojen mukaan säävyöhykkeellä I oleva heinäkuun 11. päivä keski-
viikko.

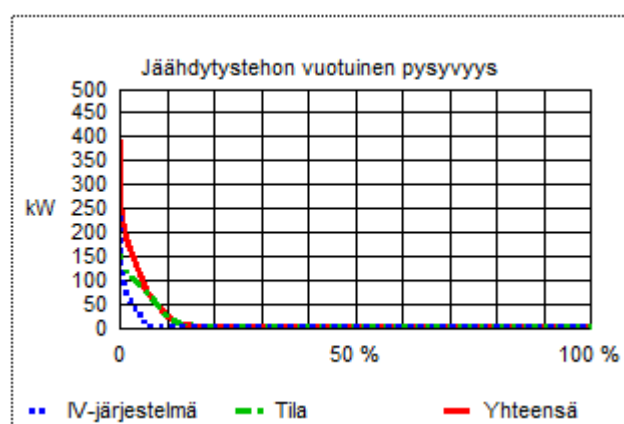


Kuva 18. Kiinteistön jäähdytystehontarve mitoituspäivänä energiasimulointiohjelman mukaan.

Kuvassa 18 vasemmalla olevassa pystyakselilla on esitetty jäähdytystehontarve ja alhaalla olevalla vaakakselilla mitoituspäivän tunnit. Kuvassa sinisellä piirretty käyrä edustaa ilmanvaihdon jäähdytystehontarvetta. Vihreällä piirretystä käyrästä selviää tilojen, eli jäähdytyspalkkiverkoston jäähdytystehontarve. Punainen käyrä edustaa ilmanvaihdon ja jäähdytyspalkkiverkoston yhteistä jäähdytystehoa. Kuvasta selviää mitoituspäivän ilmanvaihdon, jäähdytyspalkkien ja näiden yhteinen jäähdytystehontarve tunnin tarkkuudella. Suurin tarvittava jäähdytysteho on 363,3 kW, ja tämä osuu vuoro-

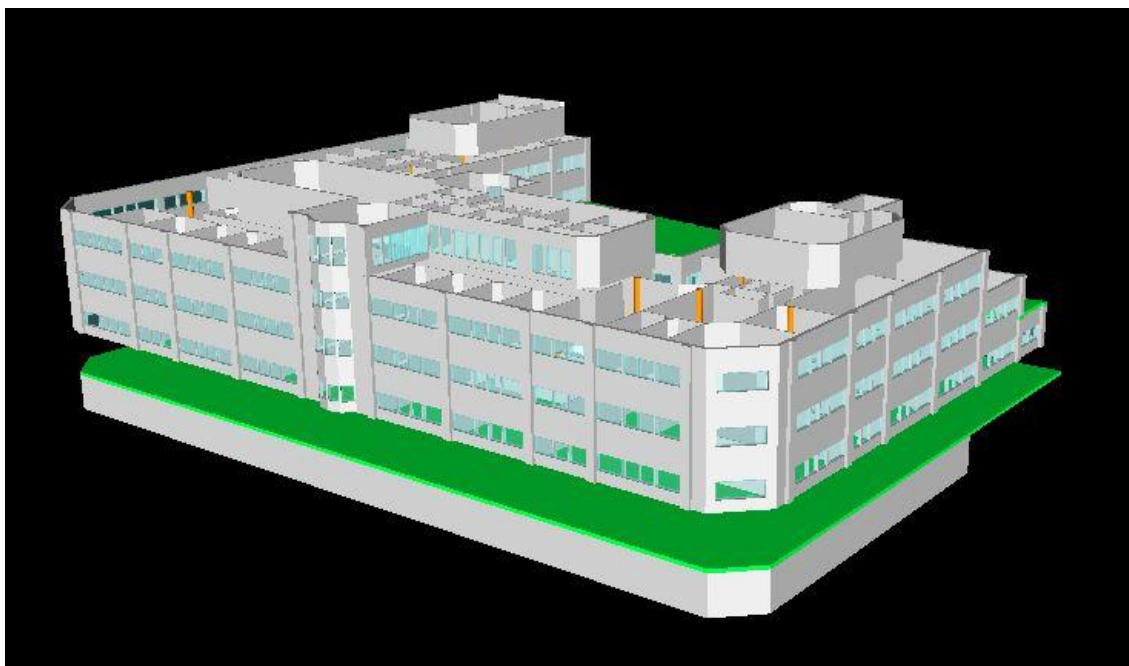
kauden ajanhetkelle klo 16.00. Energiasimulointiohjelmasta nähdään, että kyseisellä ajanhetkellä ulkoilman lämpötila on 24,9 °C ja suhteellinen kosteus 58,6 %. Kuvasta nähdään myös, että kiinteistössä ei ole jäähdytystehontarvetta vuorokauden ajanhetkilä 00.00–07.00 ja 19.00–24.00. Jäähdytysverkostoa ohjataan siis samalla aikaohjelmalla kuin ilmanvaihtoverkostoakin, ilmanvaihto kytketään pois klo 18.00, jolloin jäähdytystehontarve laskee tasaisesti yhden tunnin aikana 0 kW:iin.

Tarkastellaan kiinteistön vuotuista jäähdytystehontarvetta RIUSKA-energiasimulointiohjelmalla tehdyn simuloinnin perusteella. Kuvassa 19 on esitetty kiinteistön vuotuinen jäähdytystehontarpeen pysyvyys.



Kuva 19. Kiinteistön vuotuinen jäähdytystehontarpeen pysyvyys prosentteina.

Kuvassa pystyakselilla on esitetty jäähdytystehontarve (kW) ja vaaka-akselilla vuoden tunnit prosenteiksi muunnettuna. Vuodessa on 8 760 tuntia ja se vastaa kuvassa osuutta 100 %. Kuvasta voidaan huomata, että kiinteistössä suurin esiintyvä ilmanvaihdon ja jäähdytyspalkkiverkoston yhteinen jäähdytystehontarve on n. 385 kW. Kuvan perusteella kiinteistössä jäähdytystehoja (385–250 kW) tarvitaan ainoastaan vain muutama prosentti vuoden tuntimäärästä. Kuvan mukaan jäähdytystehoa tarvitaan kiinteistössä vain n. 15 % vuoden tunneista.



Kuva 20. MagiRoom-ohjelmalla kiinteistöstä mallinnettu ifc-malli.

Kuvassa 20 näkyy kiinteistön ifc-malli, johon energiasimulointiohjelman simuloinnit perustuvat. Ifc-malli on mallinnettu MagiRoom-ohjelmalla, minkä jälkeen se on viety RIUSKA-energiasimulointiohjelmaan. Kuvassa vihreän laatan alla on parkkihalli, ja sen yläpuolella näkyy 3 pääkerrosta, joissa toimistotilat sijaitsevat. Ullakkokerroksessa sijaitsevat saunatila ja ilmanvaihtokonehuone. Ullakkokerroksen yläpuolella on vielä yksi ilmanvaihtokonehuone, jossa sijaitsevat ilmanvaihtokoneet, jotka palvelevat kiinteistön koillisosan toimistotiloja ja koillisosan paikoitustilaa.

Nykyinen kiinteistöä palveleva vedenjäähdytyskone on nimellisteholtaan 390 kW, ja se on sijoitettu rakennuksen sisätilaan, ullakkokerroksen ilmanvaihtokonehuoneeseen. Vedenjäähdytyskoneen ilmalauhduttimet sijaitsevat rakennuksen vesikatolla. Koska ilmanvaihtokonehuoneessa on paljon nykyisiä LVI-asennuksia (ilmanvaihtokoneita, ilmanvaihtokanavia, lämmitysputkia ja jäähdytysputkia), ei uuden jäähdytyslaitteen asentaminen sisätiloihin ole mahdollista. Uuden jäähdytyslaitteen tulee olla ulkosoviteinen, ja se asennetaan kokonaisuudessaan vesikatolle.

Vedenjäähdytyskoneen ja vaihtuvatoimisen lämpöpumpun valitsemiseksi käytetään Carrierin jäähdytyslaitteille tarkoitettua mitoitusohjelmaa (Ecat EMEA Packaged Chiller

Builder). Mitoitusohjelma on vapaasti ladattavissa Internetistä Carrierin verkkosivuilta, mutta sen käyttäminen vaatii salasanan, joka pitää erikseen pyytää Carrierilta.

6.1 Vedenjäähdytyskone

Kiinteistöön on ajateltu hankittavaksi ilmalauhdutteinen vedenjäähdytyskone. Carrierin ilmalauhdutteiset vedenjäähdyttimet kuuluvat 30RB-sarjaan; niissä on scroll-kompressorit, käytettävä kylmäaine on R410A ja niihin on mahdollista kytkeä vapaajäähdytys (8). 30RB-sarjassa on vedenjäähdytyskoneita nimellisjäähdytystehoille 163–778 kW (8). Kiinteistön jäähdytystehontarpeen mukaan sopivin vedenjäähdytyskone on nimellisteholtaan 372 kW, ja sen malli on 30RB0372.



Kuva 21. Carrierin 30RB0372-vedenjäähdytyskone.

Kuvassa 21 on esitetty kiinteistön jäähdytystehoon sopiva ilmalauhdutteinen vedenjäähdytyskone. Kuvasta nähdään hyvin vedenjäähdytyskoneen ilmalauhduttimet ja kuvan yläosassa näkyvät puhaltimet, jotka tehostavat lauhtumislämmön luovutusta ympäristöön.

Kuvassa 22 on esitetty Carrierin 30RB0372-vedenjäähdytyskoneelle tehdyn mitoitusajon tuloste. Tulosteesta nähdään tarvittavat tiedot vedenjäähdytyskoneen valitsemiseksi.

Unit Information

Tag Name:.....**RB-kone**
 Model Number:.....**30RB0372**
 Quantity:.....**1**
 Manufacturing Source:.....**Montluel, France**
 Refrigerant:.....**R410A**
 Shipping Weight:.....**2694** kg
 Operating Weight:.....**2779** kg
 Unit Length:.....**3604** mm
 Unit Width:.....**2253** mm
 Unit Height:.....**2297** mm

Evaporator Information

Fluid Type:.....**Ethylene Glycol**
 Brine Concentration:.....**35,0** %
 Fouling Factor:.....**0,0000** (sqm-K)/kW
 Leaving Temperature:.....**7,0** °C
 Entering Temperature:.....**12,0** °C
 Fluid Flow:.....**20,14** L/s
 Total Pressure Drop:.....**70,1** kPa

Condenser Information

Altitude:.....**0** m
 Number of Fans:.....**6**
 Total Condenser Fan Air Flow at 20°C:**27081** L/s
 Entering Air Temperature:.....**27,0** °C

MCHE Coating Requirements Information

Country:.....**Finland**
 Yearly Average Temperature:.....**35,0** °C
 Yearly Average Effective Humidity:.....**50,0** %
 Distance from Coast:.....**0,1** km
 Corrosive/Industrial Environment:.....**No**

Integrated Pump Information

No Pump Selected

Performance Information

Cooling Capacity:.....**377,2** kW
 Total Compressor Power:.....**101,1** kW
 Total Fan Motor Power:.....**9,83** kW
 Total Unit Power:.....**113,1** kW
 Efficiency:.....**3,33** kW/kW
 ESEER:.....**3,92** kW/kW
 A-Weighted Sound Power Level:.....**93** dbA

Accessories and Installed Options

Opt. 92 Suction Service Valve
 Opt. 263 Super Enviro-shield

Electrical Information

Unit Voltage:.....**400-3-50** V-Ph-Hz
 Standby Power:.....**0,79** kW
 Minimum Voltage:.....**360** Volts
 Maximum Voltage:.....**440** Volts
 Power Factor:.....**0,84**

Amps (Un)	Electrical Circuit 1	Electrical Circuit 2
Max Unit Current Draw (RLA)	295,8	---
Max Start Up Current (ICF)	502,8	---
Nominal Unit Current Draw (A)	226,8	---

Kuva 22. 30RB0372- vedenjäähdytyskoneen mitoitus tuloste.

Kuvasta nähdään, että kylmäliuokseksi on valittu 35-tilavuusprosenttinen etyleeniglykoli. Kylmäliuoksen on oltava pakkasenkestävää, sillä vedenjäähdytyskone tulee asennettavaksi ulos. Nesteen jäätyminen aiheuttaisi vauriota koneistolle ja putkistolle. Kylmäliuoksen tulolämpötilaksi on valittu 7 °C ja lähteväksi lämpötilaksi 12 °C, kuten nykyinenkin käytössä oleva vedenjäähdytyskone on mitoitettu. Jäähdytystehon mitoitusulkolämpötilaksi on valittu 27 °C. Näillä mitoituskriteereillä saadaan 30RB0372-vedenjäähdytyskoneelta jäähdytystehoa 377,2 kW ja kylmäkerroin on 3,33.

Luvun 6 alussa olevasta kuvasta 19 nähdään, että kiinteistön suurin yhteinen jäähdytystehontarve on n. 385 kW. 30RB0372-vedenjäähdytyskoneelta saadaan jäähdytystehoa 377,2 kW, se ei siis pysty aivan täydellisesti kattamaan kiinteistössä esiintyvää suurinta jäähdytystehontarvetta. Jäähdytystehoa jää puuttumaan $385 \text{ kW} - 377,2 \text{ kW} = 7,8 \text{ kW}$. Tämä tarkoittaa sitä, että jonain kuumana päivänä kiinteistön tilojen lämpötilat

eivät pysy asetusarvoissaan vaan nousevat hieman. Koska suurimpien (250–385 kW) jäähdytystehontarpeiden pysyvyys vuodesta oli vain muutama prosentti vuoden tunteista, voidaan todeta 30RB0372-vedenjäähdytyskoneen olevan sopiva vaihtoehto kattamaan kiinteistön jäähdytystehontarve.

6.2 Vaihtuvatoiminen lämpöpumppu

Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun on myös oltava ilmalauhdutteinen ja ulkoasenteinen. Carrierin vaihtuvatoimiset lämpöpumput ovat kaikki ilmalauhdutteisia ja kuuluvat 30RQ-sarjaan, niissä on myös scroll-kompressorit ja käytettävä kylmäaine on R410A (8). 30RQ-sarjan koneita on mahdollista saada nimellisen lämmitystehon ollessa 182–522 kW (8). Vapaajäähdytystä ei ole mahdollista kytkeä suoraan vaihtuvatoimiseen lämpöpumppuun (8). Käytettävällä mitoitusohjelmalla vaihtuvatoiminen lämpöpumppu mitoitetaan myös jäähdytystehontarpeen mukaan. Kiinteistöön sopiva kone on siis nimellistä jäähdytysteholtaan 372 kW, ja sen malli on 30RQ0372. Erään Carrierin vaihtuvatoimisen lämpöpumpun PID-kaavio on esitetty liitteessä 3.



Kuva 23. Carrierin 30RQ0372-vaihtuvatoiminen lämpöpumppu.

Kuvasta 23 huomataan, että vaihtuvatoiminen lämpöpumppu on ulkoisesti samanlainen kuin kuvassa 21 esiintyvä samalla nimellistä jäähdytysteholla oleva vedenjäähdytyskone. Lauhdutuksen toimintaperiaate on myös sama kuin vedenjäähdytyskoneella: puhaltimet puhaltavat ylöspäin lauhduttamista vapautuvan lämmön.

Kuvassa 24 on esitetty kiinteistön jäähdytystehoon sopivan vaihtuvatoimisen lämpöpumpun mitoituslaskelma. Mitoitus on tehty ulkolämpötilan ollessa 0 °C, kylmäliuokseksi on valittu 35-tilavuusprosenttinen etyleeniglykoli ja lämpöpumpulta lähtevän nesteen lämpötilaksi on valittu 40 °C.

Unit Information

Tag Name: 0 C
 Model Number: 30RQ0372-
 Quantity: 1
 Manufacturing Source: Montluel, France
 Refrigerant: R410A
 Shipping Weight: 3245 kg
 Operating Weight: 3318 kg
 Unit Length: 3604 mm
 Unit Width: 2253 mm
 Unit Height: 2297 mm

Fluid Heat Exchanger Information

Fluid Type: Ethylene Glycol
 Brine Concentration: 35,0 %
 Fouling Factor: 0,0000 (sqm-K)/kW
Heating Mode
 Leaving Temperature: 40,0 °C
 Entering Temperature: 35,5 °C
 Fluid Flow: 17,83 L/s
 Total Pressure Drop (incl. hydronic fittings): 57,4 kPa
Cooling Mode
 Leaving Temperature: 7,0 °C
 Entering Temperature: 12,0 °C
 Fluid Flow: 17,94 L/s
 Total Pressure Drop (incl. hydronic fittings): 69,6 kPa

Air Heat Exchanger Information

Altitude: 0 m
 Number of Fans: 6
 Total Condenser Fan Air Flow at 20°C: 27081 L/s
Heating Mode
 Entering Air Temperature (dry bulb): 0,0 °C
 Entering Air Temperature (wet bulb): -0,7 °C
 Entering Air Temperature (dew point): -1,7 °C
 Relative Humidity: 87,0 %
Cooling Mode
 Entering Air Temperature: 27,0 °C

Integrated Pump Information

Cooling Mode
 Static Head at Pump: 275,8 kPa
 Static Head External to Chiller: 206,3 kPa
Heat Pump Mode
 Static Head at Pump: 272,7 kPa
 Static Head External to Heat Pump: 215,2 kPa

Performance Information

Heating Mode

Heating Capacity (instantaneous): 313,4 kW
 Heating Capacity (integrated): 271,1 kW
 Total Compressor Power: 103,0 kW
 Total Fan Motor Power: 11,6 kW
 Pump Power: 6,94 kW
 Total Unit Power (integrated): 123,2 kW
 Efficiency (integrated): 2,20 kW/kW

Cooling Mode

Cooling Capacity: 336,3 kW
 Total Compressor Power: 98,1 kW
 Total Fan Motor Power: 9,76 kW
 Pump Power: 6,94 kW
 Total Unit Power: 109,7 kW
 Efficiency: 3,07 kW/kW
 ESEER: 3,49 kW/kW
 A-Weighted Sound Power Level: 93 dbA

Accessories and Installed Options

Opt. 252 Coil Defrost Electric Heater
 Opt. 92 Suction Service Valve
 Standard Unit

Electrical Information

Unit Voltage: 400-3-50 V-Ph-Hz
 Standby Power: 11,60 kW
 Minimum Voltage: 360 Volts
 Maximum Voltage: 440 Volts
 Power Factor: 0,84

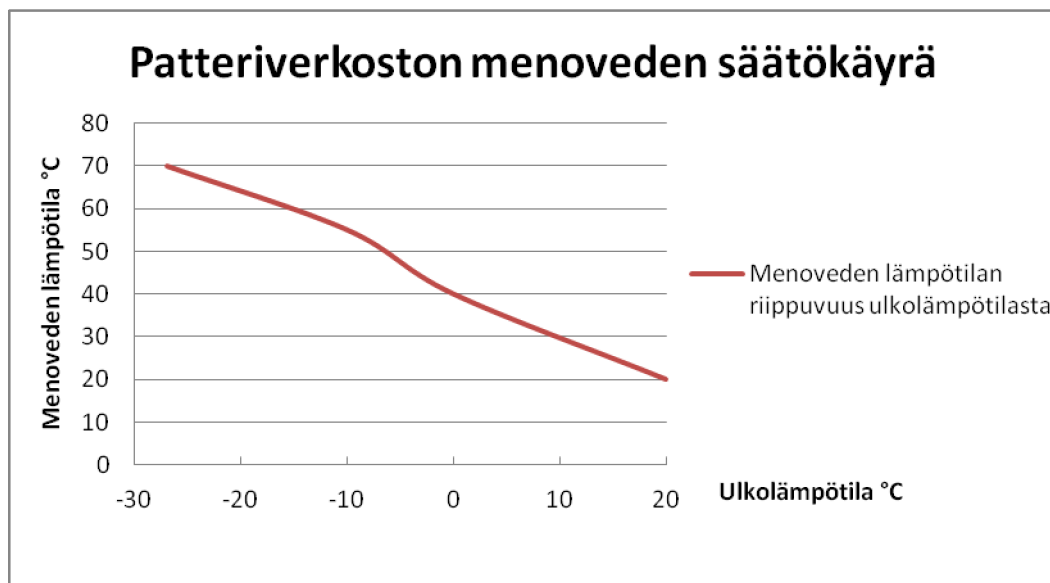
Amps (Un)	Electrical Circuit 1	Electrical Circuit 2
Max Unit Current Draw (RLA)	298,5	---
Max Start Up Current (ICF)	507,0	---
Nominal Unit Current Draw (A)	232,5	---

Maximum current draw of cooling and heating mode.

Kuva 24. 30RQ0372- vaihtuvatoimisen lämpöpumpun mitoituslaskelma ulkolämpötilan ollessa 0 °C ja menoveden lämpötilan ollessa 40 °C.

Kuvasta nähdään, että vaihtuvatoimisen lämpöpumpun jäähdytystehon laskemiseksi on valittu samat mitoituskriteerit (kylmäliuoksen lämpötilat 7/12 °C ja ulkoilman lämpötila 27 °C) kuin kuvan 22 vedenjäähdytyskoneella. Vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla ei kuitenkaan päästä niin hyvään jäähdytystehoon eikä kylmäkertoimeen kuin samalla konekoolla olevalla vedenjäähdytyskoneella; jäähdytysteho on 336,3 kW ja kylmäkerroin 3,07.

Ulkolämpötilan ollessa ≤ 0 °C, tarvitsee vaihtuvatoimisen lämpöpumpun höyrystin sulatusta. Kuvasta 24 nähdään lämmitystehon olevan 271,1 kW ja lämpökertoimen olevan 2,20, lämmitystehon ja lämpökertoimen laskemiseksi on huomioitu sulatuksen tarvittava teho ja koneiston sähkönkulutus. Lämmitysteho on siis suoraan se teho, joka saadaan kyseisillä mitoituskriteereillä lämpöpumpulta ulos.



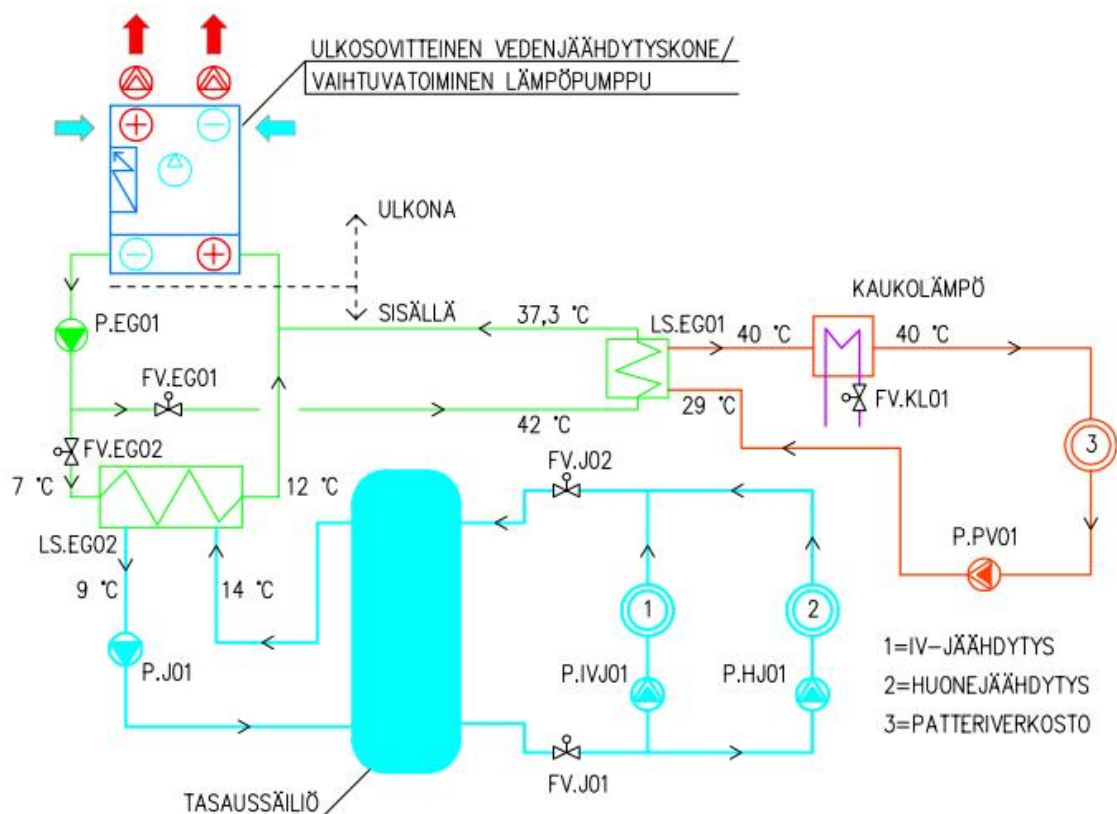
Kuva 25. Kiinteistön patteriverkoston menoveden säätöikäyrä.

Kuvassa 25 on esitetty kiinteistön patteriverkoston menevän veden lämpötila ulkolämpötilan funktiona. Kuvassa vasemmalla olevalla pystyakselilla on esitetty menoveden lämpötila (°C) ja alhaalla vaaka-akselilla on esitetty ulkolämpötila (°C). Kuten kuvasta voidaan huomata, ulkolämpötilan ollessa 0 °C menoveden lämpötila on 40 °C.

7 Lämpöpumpun hyödyntäminen kiinteistön patteri- tai ilmanvaihtoverkoston lämmityksessä

Tässä luvussa tarkastellaan, kuinka paljon vuodessa voitaisiin säästää kaukolämpöön liittyvissä kustannuksissa, mikäli vaihtuvatoimista lämpöpumppua käytettäisiin patteriverkoston tai ilmanvaihdonlämmitysverkoston lämmityksessä. Tarkasteltaessa patteriverkoston paluuveden lämmitystä tarkastellaan ainoastaan tilannetta, jolloin vaihtuvatoiminen lämpöpumppu pystyy kattamaan paluuveden lämmittämisen menoveden säätökäyrän edellyttämään lämpötilaan.

Tarkasteltaessa ilmanvaihdon lämmitystä tarkastelun kohteena on hyödyntää nykyisiä ilmanvaihtokoneissa olevia jäähdytyspattereita lämmityspattereina. Kuvassa 26 on esitetty periaatteellinen kytkentäkaavio vedenjäähdytyskoneen/vaihtuvatoimisen lämpöpumpun liittämisestä kiinteistöön.



Kuva 26. Periaatekaavio ulkosovitteisen vedenjäähdytyskoneen/vaihtuvatoimisen lämpöpumpun liittämisestä kiinteistön lämmitys- ja jäähdytysverkostoon.

Kuvassa sinisellä piirretty verkosto edustaa kiinteistön jäähdytysverkostoa ja punainen verkosto patteriverkostoa. Vihreällä piirretty verkosto on vaihtuvatoimisen lämpöpumpun etyleeniglykoliverkosto. Mikäli vaihtuvatoiminen lämpöpumppu käy jäähdytystoiminnolla, etyleeniglykoliverkoston venttiili FV.EG01 on kiinni ja FV.EG02 on auki, jolloin etyleeniglykoliverkoston pumppu P.EG01 kierrättää kylmäliuosta lämmönsiirtimen LS.EG02 kautta. Jos vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla lämmitetään ilmanvaihdon lämmitysverkostoa, tilanne on sama, mutta vaihtuvatoiminen lämpöpumppu kääntetään lämmitystoiminnolle, jolloin ilmanvaihtokoneiden jäähdytyspatterit toimivat lämmityspattereina. Jos vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla lämmitetään patteriverkoston paluuvettä, etyleeniglykoliverkoston venttiili FV.EG02 on kiinni ja FV.EG01 on auki, jolloin etyleeniglykoliverkoston pumppu P.EG01 kierrättää kylmäliuosta lämmönsiirtimen LS.EG01 kautta. Patteriverkoston paluuvesi johdetaan etyleeniglykoliverkoston lämmönsiirtimelle LS.EG01, jossa se lämpiää patteriverkoston menoveden säätökäyrän edellyttämään lämpötilaan ulkolämpötilan mukaan. Tämän jälkeen patteriverkoston paluuvesi johdetaan kaukolämmön lämmönsiirtimelle, jossa kaukolämmön vesivirta pysäytetään ohjaamalla venttiili FV.KL01 kiinni. Patteriverkoston paluuvesi siis lämmitetään etyleeniglykoliverkoston lämmönsiirtimessä LS.EG01 patteriverkoston menoveden vaatimaan lämpötilaan. Tällaisessa tilanteessa kaukolämpöä ei tarvita patteriverkoston menoveden lämmittämiseen, sillä sen toteuttaa vaihtuvatoiminen lämpöpumppu.

Koska lämmönsiirtyminen edellyttää lämpötilaeroja, nuo erot on otettava huomioon, kun tarkastellaan vaihtuvatoimisen lämpöpumpun hyödyntämistä lämmityksessä ja jäähdytyksessä. Siirrettäessä lämpöä nesteestä nesteeseen, lämpötilaero on n. 2 °C. Kun tarkastellaan patteriverkoston paluueden lämmitystä vaihtuvatoimisen lämpöpumpun avulla, lähtevän liuoksen lämpötila on esim. 42 °C, jolloin se pystyy lämmittämään lämmönsiirtimen toisiopuolelta palaavan veden 40 °C:n lämpötilaan (kuva 26). Kun tarkastellaan jäähdytystilannetta, vaihtuvatoimiselta lämpöpumpulta lähtevän liuoksen lämpötila on 7 °C, jolloin se pystyy jäähdyttämään jäähdytysverkostosta palaavan veden 9 °C:n lämpötilaan (kuva 26). Vaihtuvatoimiselta lämpöpumpulta lähtevän liuoksen lämpötilaeron on siis aina oltava 2 °C lämmitys- tai jäähdytysverkoston menoveden lämpötilaan verrattuna.

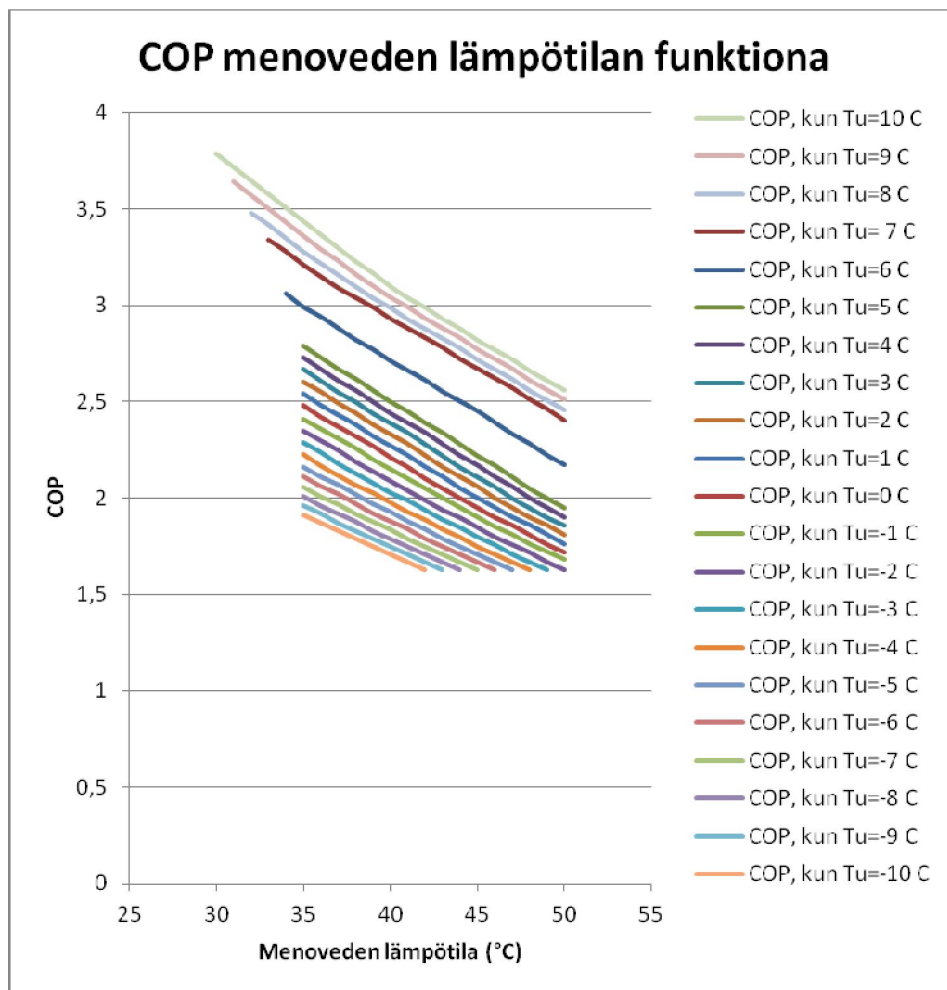
Tämän luvun laskelmat, jotka liittyvät tarvittavaan lämmitystehoon, perustuvat kiinteistöstä RIUSKA-energiansimulointiohjelmalla tehtyyn simulointiin. RIUSKA-energiansimulointiohjelman ulkolämpötilat perustuvat säävyöhykkeen I Helsinki-

Vantaan lentoaseman säähavaintoaseman vuonna 1979 tehtyihin ulkolämpötilojen mittauksiin. Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun lämmitystehoihin ja lämpökertoimiin perustuvat laskut on laskettu käyttäen Carrierin jäähdytyslaitteille tarkoitettua mitoitusohjelmaa (Ecat EMEA Packaged Chiller Builder). Vaihtuvatoimiselle lämpöpumpulle tehtiin mitoitusajot ulkolämpötilan ollessa 10 °C...–10 °C. Eri ulkolämpötiloissa lämpöpumpun menoveden lämpötila valittiin

- ulkolämpötilan ollessa 10 °C, menovesi on 30 °C...50 °C
- ulkolämpötilan ollessa 9 °C, menovesi on 31 °C...50 °C
- ulkolämpötilan ollessa 8 °C, menovesi on 32 °C...50 °C
- ulkolämpötilan ollessa 7 °C, menovesi on 33 °C...50 °C
- ulkolämpötilan ollessa 6 °C, menovesi on 34 °C...50 °C
- ulkolämpötilan ollessa 5 °C...–2 °C, menovesi on 35 °C...50 °C
- ulkolämpötilan ollessa –3 °C...–10 °C, menoveden maksimilämpötila tippui yhden asteen ulkolämpötilan tippuessa yhdellä asteella; ulkolämpötilalla –3 °C menoveden maksimilämpötila oli 49 °C ja ulkolämpötilalla –10 °C menoveden maksimilämpötila oli 42 °C.

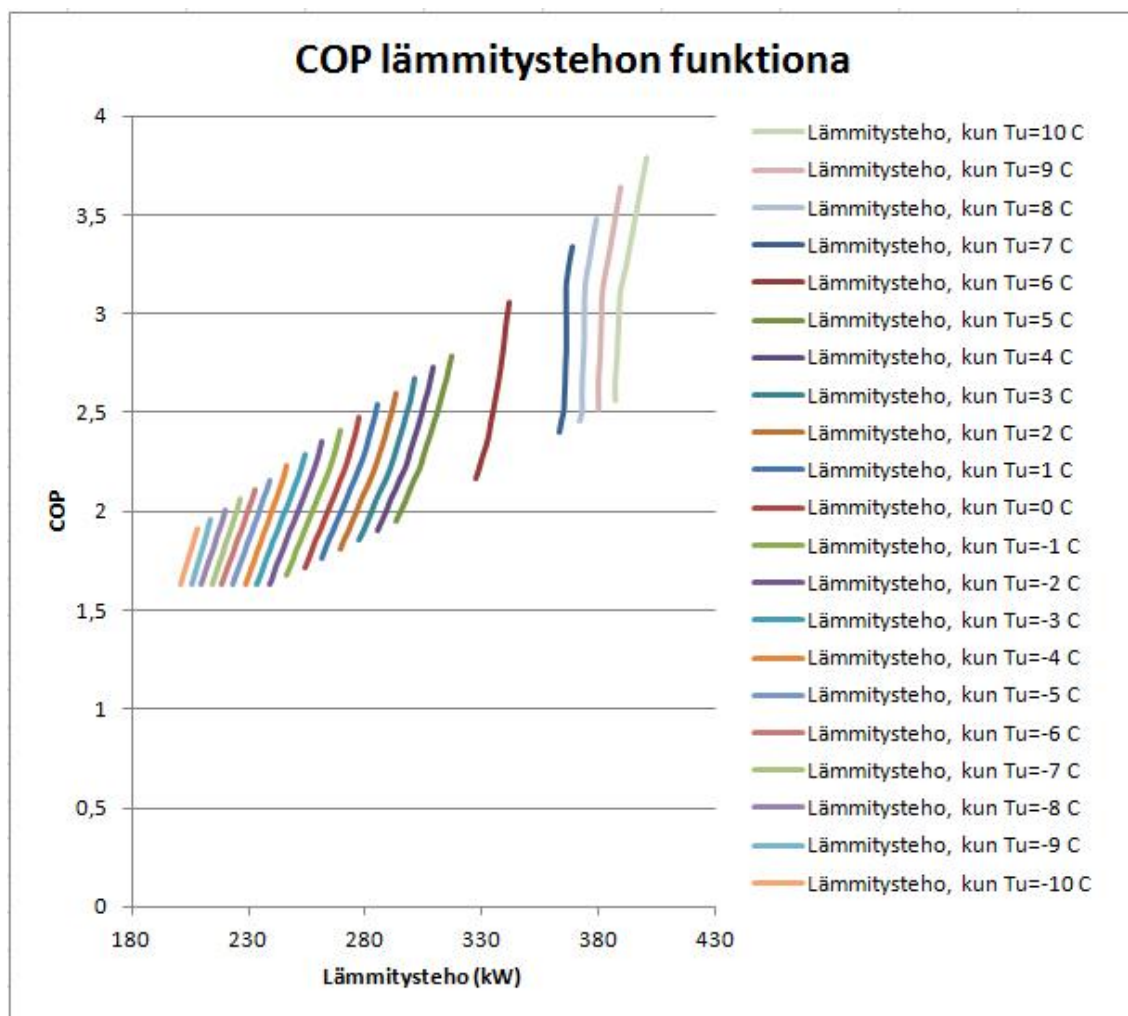
Yllä olevasta luetelmasta huomataan, että mitä korkeampi ulkolämpötila on, sitä matalammalla lämpötilalla on mitoitusajot on alettu tekemään. Tämä tehtiin sen vuoksi, että luvussa 6 esiintyvän patteriverkoston menoveden säätökäyrän mukaan (kuva 25), ulkolämpötilan ollessa yli 5 °C menoveden lämpötila on alle 35 °C. Mitoitusohjelmalla tehtyihin ajoihin valittiin menoveden aloituslämpötilaksi 35 °C, ulkolämpötilan ollessa –3 °C ...–10 °C.

Kussakin ulkolämpötilassa katsottiin lämpöpumpusta saatava lämmitysteho ja lämpökerroin lämpöpumpulta lähtevän menoveden lämpötilahaarukan mukaan. Mitoitusajot tehtiin vaihtuvatoimiselle lämpöpumpulle, joka valittiin luvussa 6.2 esitetyn kiinteistön jäähdytystehontarpeen mukaan (Carrier 30RQ0372).



Kuva 27. 30RQ0372- vaihtuvatoimisen lämpöpumpun lämpökertoimen riippuvuus ulkolämpötilasta ja menoveden lämpötilasta.

Kuvassa 27 on esitetty kiinteistöön sopivan lämpöpumpun lämpökertoimen muutos ulkolämpötiloilla 10 °C...–10 °C eri menoveden lämpötiloilla. Kuten kuvasta nähdään, lämpöpumpun lämpökerroin pienenee ulkolämpötilan alentuessa ja menoveden lämpötilan noustessa.



Kuva 28. 30RQ0372- vaihtuvatoimisen lämpöpumpun lämmitystehon riippuvuus ulkolämpötilasta ja menoveden lämpötilasta.

Kuvassa 28 on esitetty kiinteistöön sopivan vaihtuvatoimisen lämpöpumpun lämmitystehon muutos ulkolämpötilan ja menoveden lämpötilan muuttuessa. Mitoitusajot on tehty ulkolämpötilojen ollessa 10 °C...–10 °C. Menoveden lämpötilat on valittu samoiksi kuin kuvan 27 menoveden lämpötilat. Kuten kuvasta 28 nähdään, lämmitysteho ja lämpökerroin pienenevät ulkolämpötilan laskiessa ja menoveden lämpötilan noustessa.

Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun käytön kannattavuuteen liittyvät kuukausitasoiset kaukolämmön ja sähkön hinnat. Sähkön hinnan suhde kaukolämmön hintaan määrää pienimmän mahdollisen lämpökertoimen, joka lämpöpumpulla pitää olla, jotta sillä lämmitäminen olisi hyödyllistä. Taulukoissa 5 ja 6 esiintyvät kaukolämmön hinnat perustuvat viimeisimmän täyden toteutuneen vuoden hintoihin. Kuukausien tammikuu–lokakuu hinnat perustuvat vuoden 2012 hintoihin ja kuukausien marraskuu–joulukuu vuoden 2011 hintoihin. Kaukolämpöön perustuvien maksujen hinnasto on liitteenä 4.

Kiinteistössä sähkönsiirtoon perustuva maksu määräytyy Helsingin Energian pienjännitetehtosiirron hinnaston mukaan ja energiamaksu määräytyy Helsingin Energian Business Teho -hinnaston mukaan. Sähkönsiirtohinasto ja sähköenergiainnasto ovat liitteessä 5.

Taulukko 5. Kuukausitasoiset kaukolämmön ja sähkön päivähinnat.

Kaukolämpö			Sähkö (päivällä)		
Kuukausi	Kausityyppi	Kaukolämmön hinta (€/MWh), alv 0%	Kausityyppi	Sähkön hinta (€/MWh), alv 0%	COP min.
Tammikuu	Huippukukutuskausi	47,39	Talvi	87,73	1,85
Helmikuu	Huippukukutuskausi	47,39	Talvi	87,73	1,85
Maaliskuu	Talvikausi	44,24	Talvi	87,73	1,98
Huhtikuu	Talvikausi	44,24	Kesä	84,03	1,90
Toukokuu	Kesäkausi	25,14	Kesä	84,03	3,34
Kesäkuu	Kesäkausi	25,14	Kesä	84,03	3,34
Heinäkuu	Kesäkausi	25,14	Kesä	84,03	3,34
Elokuu	Kesäkausi	25,14	Kesä	84,03	3,34
Syyskuu	Kesäkausi	25,14	Kesä	84,03	3,34
Lokakuu	Kesäkausi	25,14	Kesä	84,03	3,34
Marraskuu	Talvikausi	43,43	Talvi	87,73	2,02
Joulukuu	Talvikausi	43,43	Talvi	87,73	2,02

Taulukko 6. Kuukausitasoiset kaukolämmön ja sähkön yöhinnat.

Kaukolämpö			Sähkö (yöllä)		
Kuukausi	Kausityyppi	Kaukolämmön hinta (€/MWh), alv 0%	Kausityyppi	Sähkön hinta (€/MWh), alv 0%	COP min.
Tammikuu	Huippukukutuskausi	47,39	Talvi	80,73	1,70
Helmikuu	Huippukukutuskausi	47,39	Talvi	80,73	1,70
Maaliskuu	Talvikausi	44,24	Talvi	80,73	1,82
Huhtikuu	Talvikausi	44,24	Kesä	79,23	1,79
Toukokuu	Kesäkausi	25,14	Kesä	79,23	3,15
Kesäkuu	Kesäkausi	25,14	Kesä	79,23	3,15
Heinäkuu	Kesäkausi	25,14	Kesä	79,23	3,15
Elokuu	Kesäkausi	25,14	Kesä	79,23	3,15
Syyskuu	Kesäkausi	25,14	Kesä	79,23	3,15
Lokakuu	Kesäkausi	25,14	Kesä	79,23	3,15
Marraskuu	Talvikausi	43,43	Talvi	80,73	1,86
Joulukuu	Talvikausi	43,43	Talvi	80,73	1,86

Taulukoissa 5 ja 6 on esitetty kausityypin mukaan kaukolämmön ja sähkön hinnat. Sähkön hinnat sisältävät kausityypin mukaan siirtomaksun (€/MWh), sähkön siirtoon perustuvan sähköveron (€/MWh) ja sähköenergiainnan (€/MWh). Taulukoissa säh-

kön hinnat eivät sisällä perusmaksua (26 €/kk), tehomaksua (3,45 €/kW/kk) eikä loistehomaksua (1,99 €/kvar/kk). Edellä mainittuja hintoja ei ole otettu huomioon, sillä kiinteistö on olemassa oleva ja vaihtuvatoimisen lämpöpumpun käyttö ei aiheuta hintoihin mitään muutoksia; näihin hintoihin perustuvat maksut jouduttaisiin maksamaan joka tapauksessa. Taulukoissa esiintyviin kaukolämmön ja sähkön hintoihin ei ole otettu arvolisäveron osuutta huomioon.

Taulukoissa 5 ja 6 oikeanpuoleisimmissa sarakkeissa näkyvät kuukausitasolla pienimmät käytettävät lämpökertoimet, jotka vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla pitää olla lämmitystilanteessa sen hyödyllisen käytön takaamiseksi. Tällä tarkoitetaan sitä, että 1 MWh:n lämmittäminen kaukolämmöllä maksaa tammikuussa 47,39 €. Jos vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla lämmitetään taulukon 6 mukaan tammikuussa yö aikaan 1 MWh energiaa, käytetään lämmitysprosessiin 1 MWh sähköä ja se maksaa 80,73 €. Tämä hinta on kaukolämmön hintaan verrattuna ($80,73 \text{ €} / 47,39 \text{ €} \approx 1,70$ kertaa kalliimpaa). Vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla on siis saatava vähintään 1,70 MWh lämpöä käytettäessä siihen 1 MWh sähköä. Pienin käytettävä lämpökerroin ilmoittaa siis sen tilanteen, jolloin lämmittäminen kaukolämmöllä tai vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla on samanhintaista. Kuukausitasoiset lämpökertoimet on laskettu jakamalla sähkön hinnat kaukolämmön hinnoilla.

7.1 Lämpöpumpun hyödyntäminen patteriverkoston lämmityksessä

Tarkasteltaessa lämmön johtamista vaihtuvatoimiselta lämpöpumpulta patteriverkoston lämmitykseen tarkastelun kohteena on patteriverkoston paluueden lämmitys. Paluuvettä kierrätettäisiin uuden lämmönsiirtimen kautta, jonka ensiöpuolella kiertäisi vaihtuvatoimisessa lämpöpumpussa lämmennyt etyleeniglykoli ja toisiopuolella patteriverkoston paluuvesi. Luvun 7 alussa olevassa kuvassa 26 esitettiin periaatteellinen kytkentä vaihtuvatoimisen lämpöpumpun liittämiseksi kiinteistön patteriverkoston lämmitykseen.

Kuten luvun 7 alussa esiintyvistä kuvasta 27 huomataan, ulkolämpötilan aleneminen ja menoveden lämpötilan kohoaminen heikentää lähes lineaarisesti vaihtuvatoimisen lämpöpumpun lämpökerrointa. Luvussa 6.2.1 esiintyvistä patteriverkoston menoveden säätökäyrästä (kuva 25) voidaan huomata ulkolämpötilan alentuessa menoveden lämpötilan kohoamisen. Mitä matalampi ulkolämpötila on, sitä lämpimämpää vettä patteriverkostoon tarvitaan ja vaihtuvatoiminen lämpöpumppu ei puolestaan pysty tuottamaan

matalalla ulkolämpötilalla tarpeeksi lämmitä menovettä hyvällä hyötysuhteella. Tämä asettaa lämmityskäytössä olevan vaihtuvatoimisen lämpöpumpun käyttöön huomattavia rajoituksia. Se, kuinka matalaan ulkolämpötilaan asti lämpöpumppua voidaan käyttää, riippuu paljolti taulukoissa 5 ja 6 esiintyvistä pienimmistä käytettävistä lämpökerroimista.

Luvun 5.2.1 taulukosta 2 voidaan huomata kiinteistön tilojen tarvitseman lämmityshontarpeen olevan huomattava tammikuun–huhtikuun ja lokakuun–joulukuun välisinä aikoina. Taulukoista 5 ja 6 voidaan huomata, että kaukolämmön hinta määritellään talvikauden mukaan kuukausina tammikuu–huhtikuu ja marraskuu–joulukuu. Lokakuussa kaukolämmön hinta määritellään kesäkauden mukaan, ja se on silloin yli kolme kertaa edullisempaa sähkön hintaan verrattuna. Mikäli vaihtuvatoimista lämpöpumppua käytetään lokakuun aikana lämmitykseen, pienin lämpökerroin pitää olla päivä- ja yöaikaan yli 3, jotta sillä lämmittäminen olisi hyödyllistä.

7.1.1 Vuotuinen kaukolämmön osuus hyödynnettäessä lämpöpumppua patteriverkoston lämmityksessä

Kiinteistössä tilojen lämmityksentarve on ma–su klo 00.00–24.00. Sähkön päivähintoja käytetään klo 07.00–22.00 välisinä aikoina ja muina aikoina yöhintoja. Kuten taulukoista 5 ja 6 voidaan todeta, sähkön yöhinnat ovat päivähintoihin verrattuna edullisempia ja pienin käytettävä lämpökerroin on yöaikaan pienempi. Tämän johdosta vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla voidaan yöaikaan lämmittää kylmemmällä ulkolämpötilalla päiväaikaan verrattuna. Taulukoista 7 ja 8 selviää tarkemmin, missä ulkolämpötiloissa vaihtuvatoimista lämpöpumppua voidaan käyttää kiinteistön tilojen lämmitykseen.

Taulukko 7. Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun kuukausikohtaiset käyttölämpötilat patteriverkoston lämmitykseen päiväaikaan.

Patteriverkosto, päivä klo. 07.00-22.00						
Kuukausi	Kuukauden min. ja max. lämpötila (°C)	Pienin käytettävä COP	LP:n min. ulkolämpötila (°C) / menoveden lämpötila (°C)	Ulkolämpötila (°C) / patteriverkoston menoveden lämpötila (°C)	Lp:n COP ulkolämpötilassa menoveden lämpötilalla	Lämpöpumpun käyttölämpötilat (°C)
Tammikuu	-23,9 ja 1,7	1,85	-2 / 44	-2 / 42	1,9	1,7 - (-1,7)
Helmikuu	-30 ja 2,8	1,85	-2 / 44	-2 / 42	1,9	2,8 - (-1,7)
Maaliskuu	-18,3 ja 5	1,98	-1 / 43	-1 / 41	2	5 - (-0,6)
Huhtikuu	-7,8 ja 10,6	1,9	-2 / 44	-2 / 42	1,9	10,6 - (-1,7)
Lokakuu	-10 ja 12,8	3,34	8 / 34	8 / 32	3,35	12,8 - 8,3
Marraskuu	-10,6 ja 7,2	2,02	0 / 42	0 / 40	2,1	7,2 - 0
Joulukuu	-18,3 ja 6,7	2,02	0 / 42	0 / 40	2,1	6,7 - 0

Taulukko 8. Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun kuukausikohtaiset käyttölämpötilat patteriverkoston lämmitykseen yöaikaan.

Patteriverkosto, yö klo. 23.00-06.00						
Kuukausi	Kuukauden min. ja max. lämpötila (°C)	Pienin käytettävä COP	LP:n min. ulkolämpötila (°C) / menoveden lämpötila (°C)	Ulkolämpötila (°C) / patteriverkoston menoveden lämpötila (°C)	Lp:n COP ulkolämpötilassa menoveden lämpötilalla	Lämpöpumpun käyttölämpötilat (°C)
Tammikuu	-23,9 ja 1,7	1,7	-3 / 46	-3 / 44	1,76	1,7 - (-2,8)
Helmikuu	-30 ja 2,8	1,7	-3 / 46	-3 / 44	1,76	2,8 - (-2,8)
Maaliskuu	-18,3 ja 5	1,82	-2 / 44	-2 / 42	1,9	5 - (-1,7)
Huhtikuu	-7,8 ja 10,6	1,79	-2 / 44	-2 / 42	1,9	10,6 - (-1,7)
Lokakuu	-10 ja 12,8	3,15	8 / 34	8 / 32	3,35	12,8 - 8,3
Marraskuu	-10,6 ja 7,2	1,86	-2 / 44	-2 / 42	1,9	7,2 - (-1,7)
Joulukuu	-18,3 ja 6,7	1,86	-2 / 44	-2 / 42	1,9	6,7 - (-1,7)

Taulukoista 7 ja 8 selviävät RIUSKA-energiansimulointiohjelmalla tehdyn simuloinnin perusteella kuukauden alhaisimmat ja korkeimmat esiintyvät lämpötilat. Taulukoissa pienimmät käytettävät lämpökertoimet on katsottu taulukosta 5 ja 6. Sarake, jossa näkyy lämpöpumpun pienin ulkolämpötila ja menoveden lämpötila, on katsottu mitoitussajojen perusteella (kuva 27). Sarake, jossa näkyy patteriverkoston menoveden lämpötila, on katsottu kiinteistön patteriverkoston menoveden säätökäyrästä ulkolämpötilan perusteella. Kuten taulukoista huomataan, on vaihtuvatoimisen lämpöpumpun menoveden lämpötila aina 2 °C lämpimämpää kuin patteriverkoston menoveden säätökäyrän edellyttämä lämpötila. Tämä johtuu siitä, että vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla on pystyttävä tuottamaan yhtä lämmintä menovettä patteriverkostolle kuin sen säätö-

käyrä vaatii; lämmönsiirtymisessä on otettu 2 °C:n lämpötilaero huomioon. Ulkolämpötilan ja menoveden lämpötilan mukaan määräytyy näissä olosuhteissa vaihtuvatoimisen lämpöpumpun kuukausikohtainen lämpökerroin. Lämpökertoimen on oltava vähintään yhtä suuri kuin pienin käytettävä lämpökerroin, jotta vaihtuvatoimisen lämpöpumpun käyttäminen lämmitykseen olisi hyödyllistä. Taulukoiden 7 ja 8 viimeisimmässä sarakkeessa näkyvät vaihtuvatoimisen lämpöpumpun kuukausikohtaiset käyttölämpötilahaarukat, joissa sitä olisi hyödyllistä käyttää.

RIUSKA-energisimulointiohjelmalla tehdystä simuloinnista nähdään kiinteistölle simuloitu vuotuinen lämmitystehontarve kuukausikohtaisesti tunnin tarkkuudella. Simulointitulokset rajattiin kuukausitasolla taulukoissa 7 ja 8 esiintyvien lämpöpumpun käyttölämpötilojen mukaan. Taulukoissa 9 ja 10 on esitetty vaihtuvatoimisen lämpöpumpun kuukausikohtainen käyttöosuus patteriverkoston lämmityksestä.

Taulukko 9. Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun käyttöosuus patteriverkoston lämmityksestä päivääikaan.

Patteriverkosto, päivä klo. 07.00-22.00				
Kuukausi	Lämpöpumpun käyttölämpötilat (°C)	Kuukauden tunnit (h)	Lämpöpumpun käyttötunnit (h)	Osuus (%)
Tammikuu	1,7 - (-1,7)	744	87	12
Helmikuu	2,8 - (-1,7)	672	60	9
Maaliskuu	5 - (-0,6)	744	343	46
Huhtikuu	10,6 - (-1,7)	720	450	63
Lokakuu	12,8 - 8,3	744	154	21
Marraskuu	7,2 - 0	720	369	51
Joulukuu	6,7 - 0	744	194	26
Yht.		5088	1657	33

Taulukko 10. Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun käyttöosuus patteriverkoston lämmityksestä yöaikaan.

Patteriverkosto, yö klo. 23.00-06.00				
Kuukausi	Lämpöpumpun käyttölämpötilat (°C)	Kuukauden tunnit (h)	Lämpöpumpun käyttötunnit (h)	Osuus (%)
Tammikuu	1,7 - (-2,8)	744	53	7
Helmikuu	2,8 - (-2,8)	672	28	4
Maaliskuu	5 - (-1,7)	744	178	24
Huhtikuu	10,6 - (-1,7)	720	164	23
Lokakuu	12,8 - 8,3	744	66	9
Marraskuu	7,2 - (-1,7)	720	211	29
Joulukuu	6,7 - (-1,7)	744	132	18
Yht.		5088	832	16

Taulukoissa 9 ja 10 on esitetty käytettävän lämpötilahaarukan mukaan kuukausikohtaiset lämpöpumpun käyttötunnit päivä- ja yöaikaan kuukauden kokonaistuntimäärästä. Taulukoiden viimeisessä sarakkeessa on esitetty lämpöpumpun käytön prosentuaalinen osuus kuukauden kokonaistuntimäärästä.

Taulukko 11. Vuotuiset kaukolämpökustannukset hyödynnettäessä vaihtuvatoimista lämpöpumpppua patteriverkoston lämmitykseen.

Patteriverkosto, kaukolämmön osuus						
Kuukausi	Nettoenergiantarve (MWh)	Lämpöpumpulla lämmitettävä osuus (%)	Kaukolämmöllä lämmitettävä osuus (%)	Kaukolämmön energiantarve (MWh)	Kaukolämmön hinta (€/MWh), alv 0%	Maksettu energia (€)
Tammikuu	105,35	19	81,18	85,53	47,39	4053,16
Helmikuu	94,85	13	86,90	82,43	47,39	3906,40
Maaliskuu	67,36	70	29,97	20,19	44,24	893,21
Huhtikuu	42,30	85	14,72	6,23	44,24	275,47
Toukokuu	16,56	0	100,00	16,56	25,14	416,19
Kesäkuu	4,75	0	100,00	4,75	25,14	119,52
Heinäkuu	4,67	0	100,00	4,67	25,14	117,43
Elokuu	4,68	0	100,00	4,68	25,14	117,60
Syyskuu	16,19	0	100,00	16,19	25,14	406,97
Lokakuu	43,58	30	70,43	30,69	25,14	771,65
Marraskuu	59,12	81	19,44	11,50	43,43	499,27
Joulukuu	85,46	44	56,18	48,01	43,43	2085,26
Yht.						13662,14

Taulukon 11 toisessa sarakkeessa on esitetty kuukausikohtaiset nettoenergiantarpeet. Nettoenergiantarpeet on katsottu RIUSKA-energiansimulointiohjelmalla tehdystä simuloinnista. Kuukausikohtaiset nettoenergiantarpeet ovat samoja energiamääriä kuin luvun 5.2.1 taulukossa 2 esiintyvät. Taulukon 11 kolmannessa sarakkeessa on esitetty lämpöpumpulla lämmitettävä osuus vuotuisesta nettoenergiantarpeesta. Tämä osuus on taulukoiden 9 ja 10 perusteella kuukausikohtainen päivä- ja yöajan yhteenlaskettu osuus. Taulukon 11 neljännessä sarakkeessa näkyy jäljelle jäävä kuukausikohtainen prosentuaalinen osuus kaukolämmön nettoenergiantarpeesta. Kuten taulukosta huomataan, toukokuun–syyskuun aikana kaukolämmön osuus on 100 %. Nettoenergiantarve on suhteellisen pieni näinä kuukausina, ja kiinteistössä tällöin on jäähdytystehontarvetta, joten vaihtuvatoimista lämpöpumppua on käytettävä kiinteistön tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytykseen. Taulukon 11 viidennessä sarakkeessa on jäljelle jäävä kaukolämmön energiantarve, tämä on laskettu kertomalla kuukausikohtainen nettoenergiantarve kaukolämmön prosentuaalisella osuudella. Viimeisessä sarakkeessa on esitetty maksettava euromäärä kaukolämmöstä kuukausitasolla, tämä on saatu kertomalla sarakkeet kaukolämmön hinta ja kaukolämmön energiantarve keskenään. Kaukolämmön hintoina on käytetty tässäkin taulukossa viimeisimmän täyden vuoden toteutuneita hintoja eikä näissä ole huomioitu arvolisäveron osuutta. Taulukon perusteella hyödyntämällä vaihtuvatoimista lämpöpumppua patteriverkoston lämmitykseen vuotuiset energiankustannukset kaukolämmön käytöstä on n. 13 662 €.

7.1.2 Vuotuiset sähkökustannukset hyödynnettäessä lämpöpumppua patteriverkoston lämmityksessä

Koska vaihtuvatoimisen lämpöpumpun lämmitys- ja jäähdytysprosessit perustuvat kompressorin avulla toteutettuun kylmäaineen kiertoon, sen käytöstä aiheutuu sähkökustannuksia. Sähkökustannukset muodostuvat kompressorin käytöstä ja höyrystimen/lauhduttimien puhaltimien käytöstä. Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun tarvittavan sähkömäärän laskeminen voidaan suorittaa sen lämpökertoimen avulla. Taulukoissa 12 ja 13 on esitetty vuotuiset sähkökustannukset, jotka aiheutuvat hyödynnettäessä lämpöpumppua patteriverkoston lämmitykseen.

Taulukko 12. Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun vuotuiset sähkökustannukset päiväaikaan aiheutuvasta patteriverkoston lämmityksestä.

Patteriverkosto, päivä klo. 07.00-22.00							
Kuukausi	Keskimääräinen käyttölämpötilojen ulkolämpötila (°C)	Keskimääräinen COP	Keskimääräinen tarvittava lämmitysteho (kW)	Sähkön osuus (kW)	Lämpöpumpun käyttötunnit (h)	Sähkön hinta (€/MWh), alv 0 %	Maksettu energia (€)
Tammikuu	-1	2,1	128,5	61,2	112	87,73	601,2
Helmikuu	-1	2,1	81,1	38,6	78	87,73	264,3
Maaliskuu	1	2,32	69,6	30,0	383	87,73	1008,0
Huhtikuu	3	2,55	43,4	17,0	450	84,03	643,6
Lokakuu	10	3,79	25,8	6,8	154	84,03	88,1
Marraskuu	3	2,44	65,4	26,8	369	87,73	867,7
Joulukuu	2	2,33	73,9	31,7	194	87,73	539,8
Yht.							4013

Taulukko 13. Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun vuotuiset sähkökustannukset yöaikaan aiheutuvasta patteriverkoston lämmityksestä.

Patteriverkosto, yö klo. 23.00-06.00							
Kuukausi	Keskimääräinen käyttölämpötilojen ulkolämpötila (°C)	Keskimääräinen COP	Keskimääräinen tarvittava lämmitysteho (kW)	Sähkön osuus (kW)	Lämpöpumpun käyttötunnit (h)	Sähkön hinta (€/MWh), alv 0 %	Maksettu energia (€)
Tammikuu	-1	2	152,5	76,3	53	80,73	326,3
Helmikuu	-1	2	101,2	50,6	28	80,73	114,4
Maaliskuu	0	2,1	86,1	41,0	178	80,73	589,2
Huhtikuu	1	2,22	61,1	27,5	164	79,23	357,6
Lokakuu	8	3,35	31,1	9,3	66	79,23	48,5
Marraskuu	2	2,33	80,9	34,7	211	80,73	591,4
Joulukuu	1	2,22	93,7	42,2	132	80,73	449,8
Yht.							2477

Taulukoissa 12 ja 13 on esitetty lämpöpumpun käytöstä patteriverkoston lämmitykseen aiheutuva sähköenergian hinta kuukausitasolla. Taulukko 12 edustaa päiväaikaan käytettyä sähkön osuutta ja taulukko 13 yöaikaan käytettyä sähkön osuutta vuositason tasolla. Taulukoiden toisessa sarakkeessa näkyvät lämpöpumpun keskimääräiset käyttölämpötilojen ulkolämpötilat. Nämä ovat RIUSKA-energiasimulointiohjelman simuloitusta vuotuisesta energiankulutuksesta kuukausitasolla laskettuja keskiarvolämpötiloja vuorokauden tuntien tarkkuudella, jotka perustuvat taulukoiden 7 ja 8 lämpöpumppujen käyttölämpötilahaarukoihin. Keskimääräinen käyttölämpötilojen ulkolämpötila määrää taulukoissa 12 ja 13 kolmannessa sarakkeessa esiintyvät lämpöpumppujen keskimääräiset lämpökertoimet. Keskimääräinen lämpökerroin määräytyy mitoitusohjelman perus-

teella kyseisessä ulkolämpötilassa lämpöpumpulta lähtevän menoveden lämpötilan mukaan (kuva 27). Menoveden lämpötilan on oltava 2 °C lämpimämpää kuin kyseessä olevassa ulkolämpötilassa patteriverkoston menoveden säätökäyrän edellyttämä lämpötila.

Taulukoiden 12 ja 13 neljännessä sarakkeessa on RIUSKA-energiasimulointiohjelmalla saatu patteriverkoston kuukausitasoinen keskimääräinen tarvittava lämmitysteho lämpöpumpun käyttölämpötilahaarukalla. Keskimääräinen tarvittava lämmitysteho on laskettu päivä- ja yöaikaan tarvittavien lämmitystehojen keskiarvona kuukausikohtaisesti lämpöpumpun käyttölämpötilahaarukan mukaan. Viidennessä sarakkeessa on esitetty sähkön osuus, joka on saatu jakamalla kuukausitasolla keskimääräinen tarvittava lämmitysteho keskimääräisellä lämpökertoimella. Kuudennessa sarakkeessa esiintyvät lämpöpumpun käyttötunnit on katsottu taulukoiden 9 ja 10 perusteella. Taulukoissa 12 ja 13 viimeisessä sarakkeessa on sähköenergian hinta kuukausitasolla. Tämä on saatu kertomalla sarakkeet sähkön osuus, lämpöpumpun käyttötunnit ja sähkön hinta keskenään. Sähkön hintoina on käytetty taulukoissa 5 ja 6 esiintyviä hintoja, ja ne perustuvat liitteen 5 hintoihin.

7.1.3 Vuotuiset säästöt hyödyntämällä lämpöpumppua patteriverkoston lämmityksessä

Luvun 5.2.2 taulukossa 3 laskettiin vuositason tilojen lämmityksestä kiinteistölle aiheutuvat kustannukset. Käyttäen viimeisimmän täyden toteutuneen vuoden kaukolämmön hintoja kustannukset olivat 22 891 €/a. Hyödyntämällä vaihtuvatoimista lämpöpumppua patteriverkoston lämmitykseen, luvun 7.1.1 taulukon 11 perusteella jäljelle jäävä vuotuinen kaukolämmönkäytöstä aiheutuva kustannus on 13 662,14 €. Ottamalla huomioon luvun 7.1.2 taulukoissa 12 ja 13 lasketut vaihtuvatoimisen lämpöpumpun käytöstä aiheutuvat sähkökustannukset ovat patteriverkoston päiväaikaan käytettyyn lämmitykseen 4 013 €/a ja yöaikaan käytettyyn lämmitykseen 2 477 €/a. Vuotuiset säästöt käyttämällä vaihtuvatoimista lämpöpumppua patteriverkoston lämmitykseen saadaan kaavan 6 avulla.

$$\text{Säästöt} = \text{Vuotuiset tilojen lämmityksen nettoenergiakulut} - \text{vuotuiset kaukolämpökulut} - \text{vuotuiset sähköenergiakulut} \quad (6)$$

$$\text{Säästöt} = 22891\text{€} / a - 13662,14\text{€} / a - 4013\text{€} / a - 2477\text{€} / a = 2738,86\text{€} / a$$

Kaavan 6 mukaan hyödyntämällä vaihtuvatoimista lämpöpumpppua patteriverkoston lämmitykseen vuotuiset säästöt ovat n. 2 740 €. Kaavasta huomataan, että pelkästään kaukolämmönkäytön vähentäminen vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla pienentää kaukolämpökustannuksia yli 9 000 €. Lämpöpumpun käyttämä sähkö puolestaan tuo lisäkustannuksia kiinteistön sähkönkäyttöön yli 6 400 €.

7.2 Lämpöpumpun hyödyntäminen ilmanvaihdon lämmitykseen

Tarkasteltaessa lämmön johtamista ilmanvaihdon lämmitykseen tarkastelun kohteena on ilmanvaihtokoneiden jäähdytyspattereiden käyttäminen lämmityspattereina. Investointien kannalta on edullisinta käyttää jäähdytyspattereita lämmityspattereina, sillä nykyisiä jäähdytysputkia voidaan käyttää lämmityspotkina eikä tällöin kustannuksia muodostu uuden putkituksen osalta. Koska jäähdytyspattereita tarvitaan ilmanvaihdon jäähdytykseen, niitä voidaan hyödyntää lämmityspattereina vain silloin, kun ilmanvaihto ja kiinteistön tilat eivät tarvitse jäähdytystä.

Kuten luvussa 5.1.2 todettiin, kiinteistön autohalleja ja saunatilaa palvelevissa ilmanvaihtokoneissa ei ole pyöriviä lämmöntalteenottopattereita. Vaikka saunatilaa palvelevassa ilmanvaihtokoneessa on jäähdytyspatteri, ei lämpöpumpulla pystytä lämmittämään tuloilmaa samalla menoveden lämpötilalla jolla toimistotiloja palvelevien ilmanvaihtokoneiden tuloilmaa lämmitetään. Kun tarkastellaan ilmanvaihtokoneiden tuloilman lämmittämistä, tarkastelun kohteina ovat siis ilmanvaihtokoneet, joissa on jäähdytyspatterit ja pyörivät lämmöntalteenottopatterit. Autohalleja ja saunatilaa palvelevien ilmanvaihtokoneiden tuloilma lämmitetään pelkän kaukolämmön avulla.

7.2.1 Ilmanvaihtokoneiden jäähdytyspattereiden tehojen tarkistus lämmityksen kannalta

Kun nykyisiä ilmanvaihtokoneiden jäähdytyspattereita hyödynnetään lämmityspattereina, on tarkistettava, riittävätkö niiden tehot kattamaan tuloilman lämmitystarpeen. RIUSKA-energiansimulointiohjelmasta katsotaan tarkasteltavien ilmanvaihtokoneiden tuloilmavirrat ilmanvaihtokoneiden ollessa päällä. Ilmanvaihtokoneille saadaan seuraavat tuloilmavirrat:

- 301TK/PK = 3,8 m³/s

- 302TK/PK = 3,9 m³/s
- 304TK/PK = 2,6 m³/s

Tuloilmavirtojen perusteella jäähdytyspattereille lasketaan niiden tuntuvat jäähdytystehot. Tuntuvan jäähdytystehon laskemiseksi käytetään ulkoilman lämpötilana 27 °C ja kiinteistön tuloilman lämpötilana 17 °C (kuvan 13 mukaan tuloilman lämpötilan asetusarvo). Tuntuva jäähdytysteho lasketaan kaavalla

$$\phi_{tuntuva} = \rho_{ilma} \cdot q_v \cdot c_{ilma} \cdot \Delta t, \text{ jossa} \quad (7)$$

$\phi_{tuntuva}$ on jäähdytyspatterin tuntuva jäähdytysteho (kW), ρ_{ilma} on ilman tiheys (kg/m³), q_v on ilmavirta (m³/s), c_{ilma} on ilman ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg °C) ja Δt on ulkoilman ja tuloilman lämpötilaero (°C). Jäähdytyspattereiden tuntuvat jäähdytystehot ovat

$$\phi_{tuntuva,301TK/PK} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 3,8 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1,006 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot (27 - 17)^\circ\text{C} = 45,6 \text{ kW}$$

$$\phi_{tuntuva,302TK/PK} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 3,9 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1,006 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot (27 - 17)^\circ\text{C} = 46,8 \text{ kW}$$

$$\phi_{tuntuva,304TK/PK} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 2,6 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1,006 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot (27 - 17)^\circ\text{C} = 31,2 \text{ kW}.$$

Kun jäähdytyspattereita käytetään lämmityspattereina, tuntuva jäähdytysteho on suurin teho, jolla jäähdytyspatteri voi toimia lämmityspatterina. Koska pyörivä lämmöntalteenottopatteri siirtää lämpöä poistoilmasta tuloilmaan, on laskettava tuloilman lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen eri ulkolämpötilan arvoilla. Kiinteistön pyörivien lämmöntalteenottopattereiden hyötysuhteet ovat 75 %. Tuloilman lämpötilahyötysuhde lasketaan kaavalla

$$\eta_{tulo} = \frac{t_{LTO} - t_{ulkoilma}}{t_{poistoilma} - t_{ulkoilma}}, \text{ jossa} \quad (8)$$

η_{tulo} on tuloilman lämpötilahyötysuhde (%), t_{LTO} on lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen ($^{\circ}\text{C}$), $t_{ulkoilma}$ on ulkoilman lämpötila ($^{\circ}\text{C}$) ja $t_{poistoilma}$ on poistoilman lämpötila ($^{\circ}\text{C}$). Koska tuloilman lämpötilahyötysuhde on tiedossa, voidaan kaavasta 8 ratkaista t_{LTO} :

$$t_{LTO} = \eta_{tulo} \cdot (t_{poistoilma} - t_{ulkoilma}) + t_{ulkoilma} \quad (9)$$

Carrierin jäähdytyslaitteille tarkoitetun mitoitusohjelman mukaan (Ecat EMEA Packaged Chiller Builder) vaihtuvatoimisen lämpöpumpun matalin toimintalämpötila lämmityskäytössä on -10°C . Otetaan esimerkkitarkastelupisteeksi 301TK/PK:n jäähdytyspatterin tehon riittävyys -10°C :n ulkolämpötilassa. RIUSKA-energiansimulointiohjelman mukaan poistoilman lämpötila on n. 22°C . Lasketaan kaavan 9 avulla lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila, kun ulkolämpötila on -10°C :

$$t_{LTO} = 75\% \cdot (22 - (-10))^{\circ}\text{C} + (-10)^{\circ}\text{C} = 14^{\circ}\text{C}$$

Ulkolämpötilan ollessa -10°C lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila on 14°C . Kun tuloilman lämpötilan asetusarvo on 17°C , tarvitsee jäähdytyspatterilla lämmittää tuloilmaa vain 3°C . Lasketaan seuraavaksi teho, joka tarvitaan ilman lämmittämiseen tuloilman asetusarvoon. Ilman lämmittämiseen tarvittava teho saadaan kaavalla

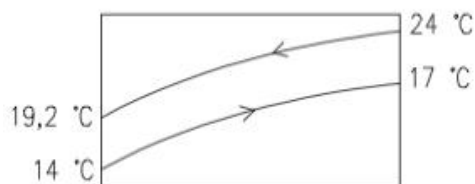
$$\phi_{\text{lämmitys}} = \rho_{\text{ilma}} \cdot q_v \cdot c_{\text{ilma}} \cdot \Delta t, \text{ jossa} \quad (10)$$

$\phi_{\text{lämmitys}}$ on ilman lämmittämiseen tarvittava teho (kW), ρ_{ilma} on ilman tiheys (kg/m^3), q_v on ilmavirta (m^3/s), c_{ilma} on ilman ominaislämpökapasiteetti ($\text{kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$) ja Δt on tuloilman asetusarvon ja lämmöntalteenoton jälkeisen ilman lämpötilaero ($^{\circ}\text{C}$). Kun 301TK/PK:n tuloilmavirta lämmitetään 14°C :sta 17°C :seen, lämmitystehoa tarvitaan

$$\phi_{\text{lämmitys}, 301\text{TK}/\text{PK}} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 3,8 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1,006 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \cdot (17 - 14)^{\circ}\text{C} = 13,68 \text{ kW}.$$

Kun jäähdytyspatteria käytetään lämmityspatterina, sen tehon on pystyttävä kattamaan lämmöntalteenoton jälkeisen lämpötilan lämmittäminen tuloilman asetusarvoon. Jäähdytyspatterin tehoon vaikuttaa patterille menevän veden lämpötila, sieltä palaavan ve-

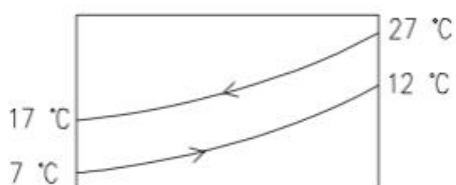
den lämpötila sekä tuloilman asetusarvon ja lämmöntalteenoton jälkeisen lämpötilan lämpötilaero.



Kuva 29. Lämmöntalteenoton jälkeisen ilman lämmitys tuloilman asetusarvoon, kun ulkolämpötila on -10 °C .

Kuvassa 29 on esitetty lämmöntalteenoton jälkeisen ilman lämmitysprosessi tuloilman asetusarvoon vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla. Kuvassa ylempi käyrä edustaa jäähdytyspatterille menevän veden jäähdytystä, kun se lämmittää lämmöntalteenoton jälkeisen ilman tuloilman asetusarvoon. Vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla on tehtävä 26 °C :n lämpöistä liuosta, jotta se pystyy lämmittämään jäähdytyspattereille menevän veden 24 °C :seen lämmönsiirtimen lämpötilaerojen vuoksi. Carrierin mitoitusohjelman mukaan lämpöpumpulta lähtevän liuoksen lämpötilan ollessa 26 °C paluuliuksen lämpötila on $21,2\text{ °C}$. Liuos jäähtyy $(26,2 - 21,2)\text{ °C} = 4,8\text{ °C}$. Jäähdytyspatterien meno- ja paluuvien lämpötilaeron voidaan olettaa olevan sama kuin lämpöpumpun meno- ja paluuliuksen lämpötilaeron.

Vaikka jäähdytyspattereita käytetään jäähdytystilanteessa lämpötiloilla $9/14\text{ °C}$, on ne kuitenkin mitoitettu lämpötiloille $7/12\text{ °C}$. Kun tarkastellaan jäähdytyspatterin tehoa, lämpötiloiksi valitaan $7/12\text{ °C}$.



Kuva 30. Ulkoilman jäähdytys tuloilman asetusarvoon jäähdytyspatterilla.

Kuvassa 30 ylemmässä käyrässä on esitetty ulkoilman jäähdytysprosessi tuloilman asetusarvoon jäähdytyspatterin avulla. Kuvassa alempi käyrä edustaa jäähdytyspatterin

rille menevän veden lämpenemistä, kun sillä jäähdytetään 27 °C:n lämpöinen ulkoilma tuloilman asetusarvoon.

Kun jäähdytyspatteria käytetään lämmityspatterina, sen lämmitysteho perustuu kuvien 29 ja 30 tilanteisiin. Jäähdytyspatterin lämmitysteho lasketaan kaavalla

$$\frac{\phi_1}{\phi_2} = \frac{\theta_{\max 1}}{\theta_{\max 2}}, \text{ jossa} \quad (11)$$

ϕ_1 on lämmöntalteenoton jälkeisen ilman lämmitysteho tuloilman asetusarvoon (kW) (kuva 29), ϕ_2 on jäähdytyspatterin tuntuva jäähdytysteho (kW) (kuva 30), $\theta_{\max 1}$ on kuvassa 29 esiintyvien lämpötilojen suurin lämpötilaero (°C) ja $\theta_{\max 2}$ on kuvassa 30 esiintyvien lämpötilojen suurin lämpötilaero (°C). Luvun alussa laskettiin jokaiselle tarkasteltavalle ilmanvaihtokoneen jäähdytyspattereille tunnut jäähdytystehot. Nyt kaavasta 11 voidaan ratkaista ϕ_1 :

$$\phi_1 = \phi_2 \cdot \frac{\theta_{\max 1}}{\theta_{\max 2}} \quad (12)$$

Kaavan 12 avulla voidaan laskea jokaiselle ilmanvaihtokoneen jäähdytyspatterille lämmitystehtot eri ulkolämpötiloilla. Lasketaan 301TK/PK:n jäähdytyspatterin lämmitysteho ulkolämpötilan ollessa -10 °C:

$$\phi_1 = 45,6 \text{ kW} \cdot \frac{24^\circ\text{C} - 14^\circ\text{C}}{27^\circ\text{C} - 7^\circ\text{C}} = 22,8 \text{ kW}$$

Kuten kappaleen alussa todettiin, jäähdytyspatterin lämmitysteho voi olla enintään yhtä suuri kuin sen tuntuva jäähdytysteho on. Tässä esimerkkitapauksessa 301TK/PK:n jäähdytyspatteri riittää hyvin kattamaan tarvittavan lämmitystehon (13,68 kW < 22,8 kW) tuloilman asetusarvoon ulkolämpötilan ollessa -10 °C. Tällä laskentamenetelmällä tarkistetaan tarkasteltavien ilmanvaihtokoneiden jäähdytyspatterien tehojen riittävyys lämmityspattereina eri ulkolämpötilan arvoilla.

Taulukko 14. 301TK/PK:n jäähdytyspatterin tehot eri ulkolämpötiloilla.

301TK/PK	Tuntuva jäähdytysteho = 45,6 kW					
Ulkolämpötila (°C)	LTO:n jälkeinen lämpötila (°C)	Jäähdytyspatterille menevän veden lämpötila (°C)	Jäähdytyspatterilta palaavan veden lämpötila (°C)	θ_{max1}	Tarvittava lämmitysteho (kW)	Jäähdytyspatterin teho lämmityspatterina (kW)
2	17	24	19,2	7	0	15,96
1	16,75	24	19,2	7,25	1,14	16,53
0	16,5	24	19,2	7,5	2,28	17,1
-1	16,25	24	19,2	7,75	3,42	17,67
-2	16	24	19,2	8	4,56	18,24
-3	15,75	24	19,2	8,25	5,7	18,81
-4	15,5	24	19,2	8,5	6,84	19,38
-5	15,25	24	19,2	8,75	7,98	19,95
-6	15	24	19,2	9	9,12	20,52
-7	14,75	24	19,2	9,25	10,26	21,09
-8	14,5	24	19,2	9,5	11,4	21,66
-9	14,25	24	19,2	9,75	12,54	22,23
-10	14	24	19,2	10	13,68	22,8

Taulukko 15. 302TK/PK:n jäähdytyspatterin tehot eri ulkolämpötiloilla.

302TK/PK	Tuntuva jäähdytysteho = 46,8 kW					
Ulkolämpötila (°C)	LTO:n jälkeinen lämpötila (°C)	Jäähdytyspatterille menevän veden lämpötila (°C)	Jäähdytyspatterilta palaavan veden lämpötila (°C)	θ_{max1}	Tarvittava lämmitysteho (kW)	Jäähdytyspatterin teho lämmityspatterina (kW)
2	17	24	19,2	7	0	16,38
1	16,75	24	19,2	7,25	1,17	16,965
0	16,5	24	19,2	7,5	2,34	17,55
-1	16,25	24	19,2	7,75	3,51	18,135
-2	16	24	19,2	8	4,68	18,72
-3	15,75	24	19,2	8,25	5,85	19,305
-4	15,5	24	19,2	8,5	7,02	19,89
-5	15,25	24	19,2	8,75	8,19	20,475
-6	15	24	19,2	9	9,36	21,06
-7	14,75	24	19,2	9,25	10,53	21,645
-8	14,5	24	19,2	9,5	11,7	22,23
-9	14,25	24	19,2	9,75	12,87	22,815
-10	14	24	19,2	10	14,04	23,4

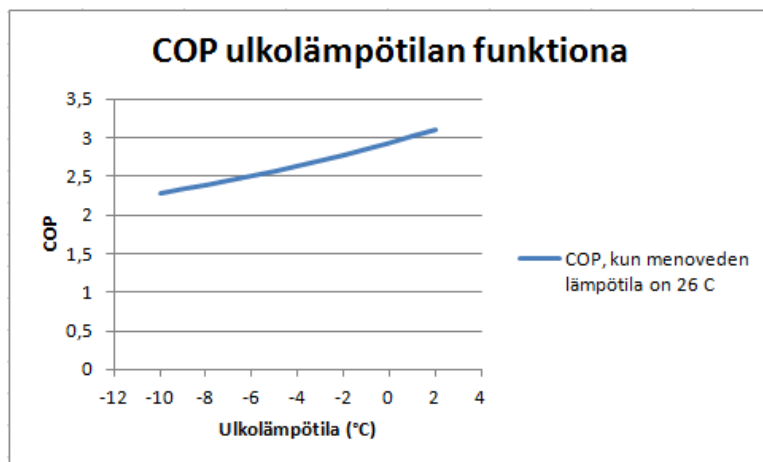
Taulukko 16. 304TK/PK:n jäähdytyspatterin tehot eri ulkolämpötiloilla.

304TK/PK	Tuntuva jäähdytysteho = 31,2 kW					
Ulkolämpötila (°C)	LTO:n jälkeinen lämpötila (°C)	Jäähdytyspatterille menevän veden lämpötila (°C)	Jäähdytyspatterilta palaavan veden lämpötila (°C)	$\theta_{\max 1}$	Tarvittava lämmitysteho (kW)	Jäähdytyspatterin teho lämmityspatterina (kW)
2	17	24	19,2	7	0	10,92
1	16,75	24	19,2	7,25	0,78	11,31
0	16,5	24	19,2	7,5	1,56	11,7
-1	16,25	24	19,2	7,75	2,34	12,09
-2	16	24	19,2	8	3,12	12,48
-3	15,75	24	19,2	8,25	3,9	12,87
-4	15,5	24	19,2	8,5	4,68	13,26
-5	15,25	24	19,2	8,75	5,46	13,65
-6	15	24	19,2	9	6,24	14,04
-7	14,75	24	19,2	9,25	7,02	14,43
-8	14,5	24	19,2	9,5	7,8	14,82
-9	14,25	24	19,2	9,75	8,58	15,21
-10	14	24	19,2	10	9,36	15,6

Taulukoissa 14–16 on esitetty tarkasteltavien ilmanvaihtokoneiden jäähdytyspatterien tehot eri ulkolämpötiloissa. Taulukoiden korkeimmaksi tarkasteltavaksi ulkolämpötilaksi on valittu 2 °C, sillä kaavalla 9 laskettuna lämmöntalteenoton jälkeinen lämpötila on suoraan tuloilman lämpötilan asetusarvo. Matalimmaksi tarkasteltavaksi lämpötilaksi on valittu –10 °C, sillä Carrierin mitoitusohjelman mukaan tämä on matalin toimintalämpötila, kun lämpöpumppu on lämmityskäytöllä. Lämmöntalteenoton jälkeiset lämpötilat on laskettu eri ulkolämpötiloille kaavan 9 avulla ja käyttämällä lämmöntalteenotolle tuloilman lämpötilahyötysuhteena 75 %:a ja poistoilman lämpötilana 22 °C:ta. Jäähdytyspattereille menevän veden lämpötilaksi valittiin 24 °C, sillä ulkolämpötilan ollessa 2 °C lämpöpumpulta lähtevän liuoksen lämpötila pystyi mitoitusohjelman mukaan olemaan matalimmillaan 26 °C. Jäähdytyspatterilta palaavan veden lämpötila valittiin samalla erotuksella, mikä lämpöpumpulta lähtevän ja sinne palaavan liuoksen lämpötilaero on (4,8 °C). Taulukoiden sarakkeet, jotka esittävät $\theta_{\max 1}$:n, on laskettu eri ulkolämpötiloille jäähdytyspatterille menevän veden lämpötilan ja lämmöntalteenoton jälkeisen lämpötilan erotuksella. Tarvittava lämmitysteho on laskettu eri ulkolämpötilassa kaavan 10 avulla. Jäähdytyspatterin teho lämmityspatterina on laskettu eri ulkolämpötiloilla kaavan 12 avulla.

Kuten taulukoista 14–16 huomataan, on jäähdytyspatterin teho jokaisessa tarkasteltavassa ulkolämpötilassa huomattavasti suurempi kuin tarvittava lämmitysteho. Jäähdytyspatterien tehot pystyvät siis helposti kattamaan tarvittavat lämmitystehot. Teoriassa voitaisiin jäähdytyspatterille menevän veden lämpötilaa pienentää, jolloin jäähdytyspatterin teho lämmityspatterina pienentyisi ja lämpöpumpun lämpökerroin suurentuisi. Car-

rierin mitoitusohjelma asettaa tälle kuitenkin rajoituksia, sillä mitoitusajoihin valittiin lämpöpumpulta lähtevän liuoksen matalin lämpötila ($26\text{ }^{\circ}\text{C}$) ulkolämpötilan ollessa $2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Taulukoista 14–16 nähdään, että ulkolämpötilan ollessa $2\text{ }^{\circ}\text{C}$... $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ voidaan lämpöpumpulla ajaa samanlämpöistä liuosta ja silti jäähdytyspatterit pystyvät kattamaan tarvittavan lämmitystehon. Tämä on hyvä asia lämpöpumpun lämpökertoimen kannalta.



Kuva 31. 30RQ0372-lämpöpumpun lämpökerroin ulkolämpötilan ollessa $2\text{ }^{\circ}\text{C}$... $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ menoveden lämpötilalla $26\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Kuvasta 31 nähdään, että lämpöpumpun lämpökerroin $26\text{ }^{\circ}\text{C}$:n menoveden lämpötilalla on hyvin korkea vielä ulkolämpötilan ollessa $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Lämpökertoimet on saatu käyttämällä Carrierin jäähdytyslaitteille tarkoitettua mitoitusohjelmaa. Kuvan perusteella vaihtuvatoimista lämpöpumpppua voidaan käyttää ilmanvaihdon lämmityksessä vielä $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$:n ulkolämpötilassa ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenottopattereiden vuoksi.

7.2.2 Vuotuinen kaukolämmön osuus hyödynnettäessä lämpöpumpppua ilmanvaihdon lämmityksessä

Kiinteistön ilmanvaihto on päällä arkipäivisin ma – pe klo 07.00–18.00. Luvun 5.2.1 kuvasta 15 nähdään, että ilmanvaihdon tarvitsema nettoenergiantarve on kiinteistön koko nettoenergiantarpeesta 15 %. Luku on huomattavasti pienempi kuin tilojen lämmityksen tarvitsema nettoenergiantarve (79 %). Tämä johtuu siitä, että ilmanvaihtoa ohjataan aikaohjelmalla ja toimistotiloja palvelevissa ilmanvaihtokoneissa on pyörivät lämmöntalteenottopatterit, jotka vähentävät huomattavasti lämmityspattereiden tehon tarvetta.

Lämmön johtamista ilmanvaihdon lämmitykseen tarkastellaan samalla periaatteella kuin patteriverkostonkin lämmitykseen. Ensin katsotaan kuukausikohtaiset pienimmät lämpökertoimet, jotka määräytyvät kuukausikohtaisten kaukolämmön ja sähkön hintojen mukaan. Nämä katsotaan luvun 7 alussa esiintyvistä taulukosta 5, sillä ilmanvaihto on päällä ainoastaan silloin kuin sähkön päivähinnat ovat käytössä. Lokakuussa lämpökertoimen olisi oltava vähintään 3,34, jotta vaihtuvatoimisen lämpöpumpun käyttäminen lämmitykseen olisi hyödyllistä. Kuten kuvasta 31 nähdään, ei lämpökerroin yllä 3,34:ään missään ulkolämpötilassa menoveden lämpötilan ollessa 26 °C. Vaihtuvatoimista lämpöpumppua ei siis voida käyttää lokakuussa ilmanvaihdon lämmityksessä.

Taulukko 17. Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun kuukausikohtaiset käyttölämpötilat ilmanvaihdon lämmityksessä.

Jäähdytyspattereilla ja lämmöntalteenotoilla varustetut ilmanvaihtokoneet, arkipäivät klo. 07.00-18.00					
Kuukausi	Kuukauden min. ja max. lämpötila (°C)	Pienin käytettävä COP	Lämpöpumpulta lähtevän menoveden lämpötila (°C)	Jäähdytyspattereille menevän veden lämpötila (°C)	Lämpöpumpun käyttölämpötilat (°C)
Tammikuu	-23,9 ja 1,7	1,85	26	24	1,7 - (-10)
Helmikuu	-30 ja 2,8	1,85	26	24	2,8 - (-10)
Maaliskuu	-18,3 ja 5	1,98	26	24	5 - (-10)
Huhtikuu	-7,8 ja 10,6	1,9	26	24	10,6 - (-7,8)
Marraskuu	-10,6 ja 7,2	2,02	26	24	7,2 - (-10)
Joulukuu	-18,3 ja 6,7	2,02	26	24	6,7 - (-10)

Taulukon 17 perusteella nähdään vaihtuvatoimisen lämpöpumpun ulkolämpötilojen käyttölämpötilahaarukka kuukausikohtaisesti. Kuten kuvasta 31 nähdään, lämpökerroin on ulkolämpötilan ollessa 2 °C...–10 °C niin hyvä, että lämpöpumppua voidaan käyttää jokaisena tarkasteltavana kuukautena –10 °C:n ulkolämpötilaan saakka. Pienin kuukausikohtainen käytettävä lämpökerroin määräytyy luvun 7 alussa olevan taulukon 5 mukaan.

Ilmanvaihdon lämmitykseen käytettävän vaihtuvatoimisen lämpöpumpun käyttölämpötilahaarukan mukaan katsotaan RIUSKA-energiansimulointiohjelman perusteella kuukausikohtainen osuus ilmanvaihdon lämmityksestä tunnin tarkkuudella. Osuus koskee ainoastaan kiinteistön ilmanvaihtokoneita, joissa on pyörivät lämmöntalteenottopatterit ja jäähdytyspatterit.

Taulukko 18. Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun käyttöosuus ilmanvaihdon lämmityksestä lämmöntalteenotoilla ja jäähdytyspattereilla varustetuille ilmanvaihtokoneille.

Jäähdytyspattereilla ja lämmöntalteenotoilla varustetut ilmanvaihtokoneet, arkipäivät klo. 07.00-18.00				
Kuukausi	Lämpöpumpun käyttölämpötilat (°C)	Kuukauden tunnit (h), jolloin ilmanvaihto tarvitsee lämmitystä	Lämpöpumpun käyttötunnit (h)	Osuus (%)
Tammikuu	1,7 - (-10)	253	166	66
Helmikuu	2,8 - (-10)	218	141	65
Maaliskuu	5 - (-10)	223	209	94
Huhtikuu	10,6 - (-7,8)	95	95	100
Marraskuu	7,2 - (-10)	187	187	100
Joulukuu	6,7 - (-10)	207	151	73
Yht.		1183	949	80

Taulukko 18 on jaettu kuukausikohtaisesti vaihtuvatoimisen lämpöpumpun käyttölämpötilahaarukan mukaan. Taulukon kolmannessa sarakkeessa on esitetty kyseisen kuukauden yhteinen tuntimäärä, jolloin ilmanvaihto tarvitsee lämmitystä. Taulukon neljännessä sarakkeessa näkyy vaihtuvatoimisen lämpöpumpun käyttölämpötilahaarukan mukaan kuukausikohtainen tuntimäärä, joka voidaan käyttää ilmanvaihdon lämmittämiseen. Taulukon viimeisessä sarakkeessa näkyy kuukausikohtaiset osuudet käytettävissä vaihtuvatoimista lämpöpumppua ilmanvaihdon lämmitykseen. Nämä on laskettu jakamalla kuukausikohtaisesti lämpöpumpun käyttötunnit kuukauden tunneilla.

7.2.3 Vuotuiset kaukolämpökustannukset hyödynnettäessä lämpöpumppua ilmanvaihdon lämmitykseen

Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun käyttöä ilmanvaihdon lämmityksessä tarkastellaan vain kiinteistön ilmanvaihtokoneille, jotka on varustettu pyörivillä lämmöntalteenottopattereilla ja jäähdytyspattereilla. Koska kiinteistössä autohallien ja saunatilaa palvelevien ilmanvaihtokoneiden tuloilma lämmitetään pelkän kaukolämmön avulla, on nämä ilmanvaihtokoneet otettava tarkasteluun huomioon mukaan. Kiinteistön autohalleja palvelee yhteensä kolme ilmanvaihtokonetta ja saunatilaa yksi ilmanvaihtokone. Tarkastellaan ensin autohalleja ja saunatilaa palvelevien ilmanvaihtokoneiden vuotuisia nettoenergiamääriä ja vuotuisia kustannuksia.

Taulukko 19. Kiinteistön autohalleja ja saunatilaa palvelevien ilmanvaihtokoneiden vuotuiset kaukolämpökustannukset.

Autohallien ja saunatilan ilmanvaihtokoneet, arkipäivät klo. 07.00-18.00			
Kuukausi	Nettoenergiantarve (MWh)	Kaukolämmön hinta (€/MWh), alv 0 %	Maksettu energia (€)
Tammikuu	14,72	47,39	697,60
Helmikuu	13,20	47,39	625,48
Maaliskuu	7,65	44,24	338,60
Huhtikuu	3,78	44,24	167,32
Toukokuu	0,85	25,14	21,48
Kesäkuu	0,05	25,14	1,33
Heinäkuu	0,00	25,14	0,10
Elokuu	0,05	25,14	1,33
Syyskuu	0,25	25,14	6,33
Lokakuu	3,99	25,14	100,39
Marraskuu	5,96	43,43	258,79
Joulukuu	9,75	43,43	423,59
Yht.			2642,3

Taulukossa 19 on esitetty kiinteistön autohalleja ja saunatilaa palvelevien ilmavaihtokoneiden vuotuiset kustannukset kuukauden tarkkuudella. Taulukon toisessa sarakkeessa näkyy ilmanvaihtokoneiden nettoenergiantarpeet kuukausikohtaisesti. Nämä on saatu tekemällä simulointi RIUSKA-energiansimulointiohjelmalla vain autohalleja ja saunatilaa palveleville ilmanvaihtokoneille. Taulukon viimeisessä sarakkeessa näkyvät kuukausikohtaiset kustannukset, jotka on saatu kertomalla sarakkeet nettoenergiantarve ja kaukolämmön hinta keskenään. Kaukolämmön hinnoiksi on valittu viimeisen täyden toteutuneen vuoden energianhinnat eikä niihin ole otettu arvolisäveron osuutta huomioon. Autohalleja ja saunatilaa palvelevien ilmanvaihtokoneiden tuloilman lämmityksen vuotuiset kustannukset ovat n. 2 642 €.

Tarkastellaan seuraavaksi pyörivillä lämmöntalteenottopattereilla ja jäähdytyspattereilla varustettujen ilmanvaihtokoneiden vuotuisia kustannuksia hyödyntämällä vaihtuvatoimista lämpöpumppua tuloilman lämmityksessä. Taulukon 20 toisessa sarakkeessa esiintyvät nettoenergiantarpeet on saatu tekemällä simulointi RIUSKA-energiansimulointiohjelmalla vain tarkasteltaville ilmanvaihtokoneille.

Taulukko 20. Vuotuiset kaukolämpökustannukset hyödynnettäessä vaihtuvatoimista lämpöpumppua lämmöntalteenotoilla ja jäähdytyspattereilla varustettujen ilmanvaihtokoneiden tuloilman lämmitykseen.

Jäähdytyspattereilla ja lämmöntalteenotoilla varustetut ilmanvaihtokoneet, arkipäivät klo. 07.00-18.00						
Kuukausi	Nettoenergiantarve (MWh)	Lämpöpumpulla lämmitettävä osuus (%)	Kaukolämmöllä lämmitettävä osuus (%)	Kaukolämmön energiantarve (MWh)	Kaukolämmön hinta (€/MWh), alv 0 %	Maksettu energia (€)
Tammikuu	14,58	66	34	4,96	47,39	234,87
Helmikuu	14,75	65	35	5,16	47,39	244,65
Maaliskuu	4,64	94	6	0,28	44,24	12,32
Huhtikuu	1,00	100	0	0,00	44,24	0,00
Toukokuu	0,02	0	100	0,02	25,14	0,42
Kesäkuu	0,00	0	100	0,00	25,14	0,12
Heinäkuu	0,00	0	100	0,00	25,14	0,04
Elokuu	0,00	0	100	0,00	25,14	0,04
Syyskuu	0,02	0	100	0,02	25,14	0,50
Lokakuu	1,82	0	100	1,82	25,14	45,87
Marraskuu	2,54	100	0	0,00	43,43	0,00
Joulukuu	7,57	73	27	2,04	43,43	88,71
Yht.						627,54

Taulukko on jaoteltu kuukausikohtaisesti nettoenergiantarpeen mukaan, joka kuluu tarkasteltaville ilmanvaihtokoneille. Taulukon kolmannessa sarakkeessa on esitetty lämpöpumpulla lämmitettävä osuus kuukauden nettoenergiantarpeesta. Kuukausikohtaiset osuudet perustuvat aiempaan luvussa 7.2.2 olevaan taulukkoon 18. Kuukausikohtaiset kaukolämmön energiantarpeet on saatu kertomalla sarakkeet kaukolämmöllä lämmitettävä osuus ja nettoenergiantarve keskenään. Taulukon viimeisessä sarakkeessa esitetyt kuukausikohtaiset kustannukset on laskettu kertomalla sarakkeet kaukolämmön hinta ja kaukolämmön energiantarve keskenään. Kaukolämmön hintoina on käytetty viimeisimmän täyden toteutuneen vuoden hintoja eikä niissä ole otettu arvoisäveron osuutta huomioon. Hyödyntämällä vaihtuvatoimista lämpöpumppua lämmöntalteenotoilla ja jäähdytyspattereilla varustettujen ilmanvaihtokoneiden tuloilman lämmityksessä, aiheuttaa se vuodessa n. 628 euron kaukolämpökustannukset.

7.2.4 Lämpöpumpun käytöstä aiheutuvat vuotuiset sähkökustannukset hyödynnettäessä sitä ilmanvaihdon lämmitykseen

Kun vaihtuvatoimista lämpöpumppua käytetään lämmöntalteenotoilla ja jäähdytyspattereilla varustettujen ilmanvaihtokoneiden tuloilman lämmittämiseen, on sen käytöstä aiheutuvat sähkökustannukset otettava huomioon. Taulukossa 21 ne on laskettu kuukausikohtaisesti.

Taulukko 21. Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun lämmityskäytöstä aiheutuvat vuotuiset sähkökustannukset hyödynnettäessä sitä lämmöntalteenotoilla ja jäähdytyspattereilla varustetuille ilmanvaihtokoneille.

Jäähdytyspattereilla ja lämmöntalteenotoilla varustetut ilmanvaihtokoneet, arkipäivät klo. 07.00-18.00							
Kuukausi	Keskimääräinen ulkolämpötila (°C)	COP ulkolämpötilassa	Keskimääräinen tarvittava lämmitysteho (kW)	Sähkön osuus (kW)	Lämpöpumpun käyttötunnit (h)	Sähkön hinta (€/MWh), alv 0%	Maksettu energia (€)
Tammikuu	-5	2,57	39,95	15,5	166	87,73	226,4
Helmikuu	-5	2,57	40,5	15,8	141	87,73	194,9
Maaliskuu	0	2,94	17,7	6,0	209	87,73	110,4
Huhtikuu	2	3,11	10,6	3,4	95	84,03	27,2
Marraskuu	2	3,11	13,6	4,4	187	87,73	71,7
Joulukuu	0	2,94	21,2	7,2	151	87,73	95,5
Yht.							726

Taulukossa on esitetty vaihtuvatoimisen lämpöpumpun vuotuiset sähkökustannukset kuukausitasolla käytettäessä sitä lämmöntalteenotoilla ja jäähdytyspattereilla varustettujen ilmanvaihtokoneiden tuloilman lämmittämiseen. Taulukon toisessa sarakkeessa on vaihtuvatoimisen lämpöpumpun kuukausikohtainen käyttölämpötilojen keskiarvo. Taulukon kolmannessa sarakkeessa on vaihtuvatoimisen lämpöpumpun lämpökerroin ulkolämpötilassa menoveden lämpötilan ollessa 26 °C. Lämpökerroin määräytyy vaihtuvatoimiselle lämpöpumpulle tehtyjen mitoitusajojen perusteella (kuva 31). Taulukon neljännessä sarakkeessa on esitetty kuukauden keskimääräinen teho, joka määräytyy ulkolämpötilahaarukan mukaan RIUSKA-energiansimulointiohjelmalla tehdyn simuloinnin perusteella. Taulukon viidennessä sarakkeessa on laskettu lämpöpumpun sähkön osuus jakamalla keksimääräinen teho lämpökertoimella. Taulukon viimeisessä sarakkeessa on laskettu kuukausikohtaiset sähkökustannukset kertomalla sähkön osuus lämpöpumpun käyttötunneilla ja sähkön hinnalla. Sähkön hintaan ei ole otettu arvolisäveron osuutta huomioon, käytetyt sähkön hinnat ovat päivähintoja ja ne perustuvat luvun 7 alussa olevaan taulukkoon 5. Vuotuiset sähkökustannukset käytettäessä vaihtuvatoimista lämpöpumpua lämmöntalteenotoilla ja jäähdytyspattereilla varustettujen ilmanvaihtokoneiden tuloilman lämmitykseen on n. 726 €.

7.2.5 Vuotuiset säästöt hyödyntämällä lämpöpumpua ilmanvaihdon lämmitykseen

Luvun 5.2.2 taulukossa 4 laskettiin vuotuiset ilmanvaihdon lämmityksestä aiheutuvat vuotuiset kustannukset, ne olivat 4 768 €. Jos vaihtuvatoimista lämpöpumpua hyödynnettäisiin lämmöntalteenotoilla ja jäähdytyspattereilla varustettujen ilmanvaihtokoneiden tuloilman lämmityksessä, jäljelle jäävät kaukolämpökustannukset luvun 7.2.3 taulukon 20 perusteella olisivat n. 628 €/a. Mukaan on otettava huomioon autohallien ja

saunatilan ilmanvaihtokoneiden tuloilman lämmitys, ne olivat luvun 7.2.3 taulukon 19 perusteella n. 2 642 €. Yhteiset vuotuiset kaukolämpökustannukset ovat siis 628 € + 2 642 € = 3 270 €. Luvun 7.2.4 taulukosta 21 saadaan vuotuisiksi sähkökustannuksiksi 726 €. Vuotuiset säästöt saadaan kaavan 13 avulla:

$$\text{Säästöt} = \text{Vuotuiset ilmavaihdon nettoenergiakulut} - \text{vuotuiset kaukolämpökulut} - \text{vuotuiset sähköenergiakulut.} \quad (13)$$

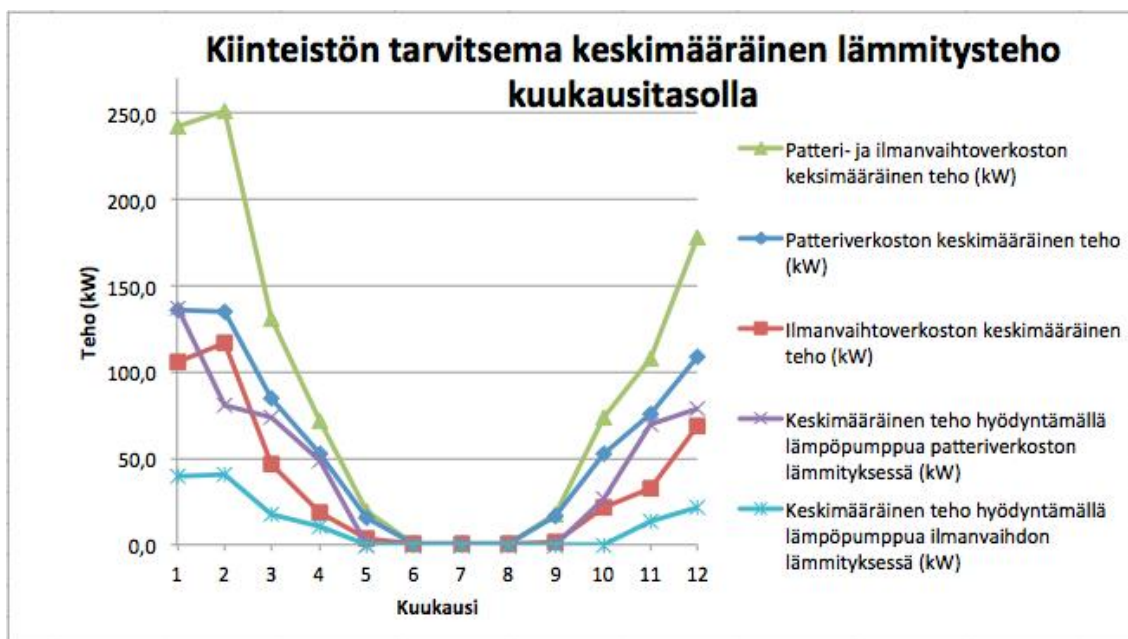
$$\text{Säästöt} = 4768\text{€} / a - 3270\text{€} / a - 726\text{€} / a = 772\text{€} / a$$

Kaavan 13 mukaan hyödyntämällä vaihtuvatoimista lämpöpumppua jäähdytyspattereilla varustettujen ilmanvaihtokoneiden tuloilman lämmityksessä, vuotuiset säästöt ovat 772 €. Kaavasta huomataan, että vuotuiset säästöt ovat huomattavasti pienemmät verrattuna säästöihin, jos lämpö johdettaisiin patteriverkoston lämmitykseen.

7.3 Tulosten analysoiminen

Luvussa 7.1.3 laskettiin vuotuiset säästöt, mikäli vaihtuvatoimiselta lämpöpumpulta johdettaisiin lämpö patteriverkoston paluuveden lämmitykseen. Ne olivat n. 2 740 euroa vuodessa. Luvussa 7.2.5 laskettiin vuotuiset säästöt, mikäli vaihtuvatoimiselta lämpöpumpulta johdettaisiin lämpö ilmanvaihtokoneiden jäähdytyspattereille. Ne olivat puolestaan n. 772 euroa vuodessa.

Johdettaessa lämpöä vaihtuvatoimiselta lämpöpumpulta patteriverkoston lämmitykseen ovat vuotuiset säästöt suuremmat kuin jos lämpö johdettaisiin lämmöntalteenotoilla ja jäähdytyspattereilla varustetuille ilmanvaihtokoneille. Suuremmat säästöt johtuvat suurimmaksi osaksi siitä, että ilmanvaihtokoneet joille lämpö johdettaisiin, ovat varustettu pyörivillä lämmöntalteenottopattereilla. Kuten luvun 7.2.4 taulukosta 21 huomataan, ovat kuukausikohtaiset keskimääräiset tehontarpeet käyttölämpötilahaarukalla erittäin pieniä verrattuna vastaaviin taulukoihin 12 ja 13, jotka laadittiin, kun tarkasteltiin lämmön johtamista patteriverkoston lämmitykseen. Suuret erot johtuvat siitä, että ulkolämpötiloissa, joissa vaihtuvatoimista lämpöpumppua voitaisiin käyttää, tuloilman lämmityksen tehontarve on pieni ilmanvaihtokoneissa olevien pyörivien lämmöntalteenottopattereiden vuoksi. Kuvassa 32 on esitetty kiinteistön keskimääräiset kuukausikohtaiset tehontarpeet patteriverkostolle ja ilmanvaihdolle.



Kuva 32. Kiinteistön kuukausitasoiset tehot eri lämmitysverkostoille.

Kuvassa esiintyvät kuukausikohtaiset tehot perustuvat RIUSKA-energiansimulointiohjelmalla tehtyyn simulointiin. Kuukausikohtaiset tehot perustuvat simuloituihin kuukausikohtaisiin lämmitystehojen keskiarvoihin. Kuvassa vihreällä piirretty käyrä edustaa kiinteistön patteri- ja ilmanvaihtoverkoston kuukausikohtaista yhteistehoa. Sinisellä piirretty käyrä edustaa kuukausikohtaista patteriverkoston tehoa, ja punaisella piirretty käyrä edustaa kuukausikohtaista kaikkien ilmanvaihtokoneiden tarvitsemaa tehoa. Ilmanvaihdon tarvitsemassa tehossa on otettu huomioon pyörivät lämmöntalteenottopatterit. Kuvassa lilalla piirretty käyrä osoittaa kuukausikohtaisen patteriverkoston tehon, joka pystytään vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla lämmittämään kuukauden lämpötilahaarukan mukaisesti (taulukot 9 ja 10). Kuvan vaaleansininen käyrä puolestaan näyttää kuukausikohtaisen ilmanvaihdon lämmitystehon, joka pystytään toteuttamaan vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla lämmöntalteenotoilla ja jäähdytyspatte-reilla varustetuille ilmanvaihtokoneille kuukauden lämpötilahaarukan mukaan (taulukko 18).

Kuvasta 32 nähdään, että tarkasteltaessa kiinteistön ilmanvaihdon tarvitsemaa tehoa vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla toteutettu teho jää jokaisena vuoden kuukautena alle ilmanvaihtoverkoston tarvitseman tehon. Tämä johtuu siitä, että lämpöä johdettiin vain lämmöntalteenotoilla ja jäähdytyspatte-reilla varustetuille ilmanvaihtokoneille.

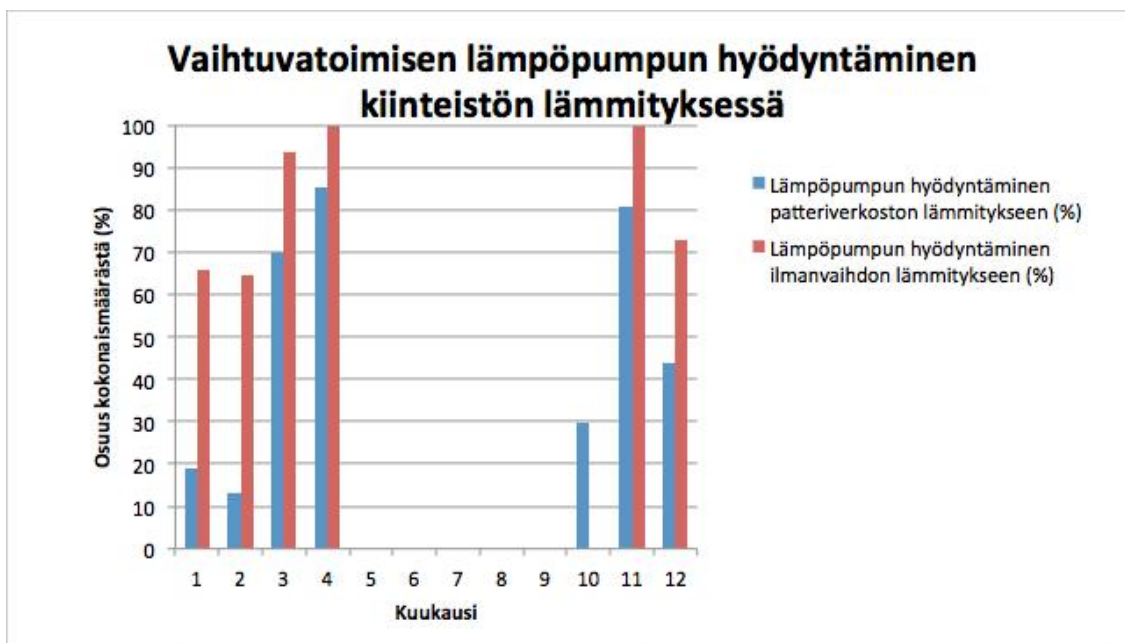
Kuvasta 32 huomataan, että vertailtaessa kiinteistön kuukausikohtaista patteriverkoston tehoa ja vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla toteutettua tehoa ei vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla pystytä kattamaan minään muuna kuukautena kuin tammikuussa patteriverkoston tehontarvetta. Tammikuussa vaihtuvatoimisen lämpöpumpun käyttölämpötilahaarukan keskiarvoteho on suurempi kuin koko kuukauden patteriverkoston tehontarve, vaikka tammikuussa vaihtuvatoimisen lämpöpumpun käyttöosuus koko patteriverkoston lämmityksestä on vain 19 % (taulukko 10). Ero johtuu siitä, että tammikuussa vaihtuvatoimisen lämpöpumpun käyttölämpötilat sattuvat osumaan paljon viikonlopuille. Viikonloppuisin tilojen lämmityksentehontarve on suurempi kuin arkipäivisin, sillä tiloissa ei ole henkilö- eikä laitekuormaa ja lämmitystehoa tarvitaan tämän vuoksi paljon enemmän, jotta tavoitesisälämpötila pystyttäisiin ylläpitämään. Taulukossa 22 on esitetty tilojen tarvitsema lämmitystehontarve samalla ulkolämpötilalla ja ulkoilman kosteudella mutta eri viikonpäivällä.

Taulukko 22. Tammikuussa kahden eri viikonpäivän tilojen tarvitsema tehontarve.

kk	pv	h	viikonpäivä	°C	g/kg	%	kJ/kg	W
-	-	-	-	Ulkoilma	Ulkoilma	Ulkoilma	Ulkoilma	Lämmitys
-	-	-	-	lämpöt.	absol.	suht.	entalpia	teho
-	-	-	-	-	kosteus	kosteus	-	tiloissa
1	7	15	Su	-1,7	3,2	95,5	6,3	150230
1	9	9	Ti	-1,7	3,2	95,5	6,3	101983

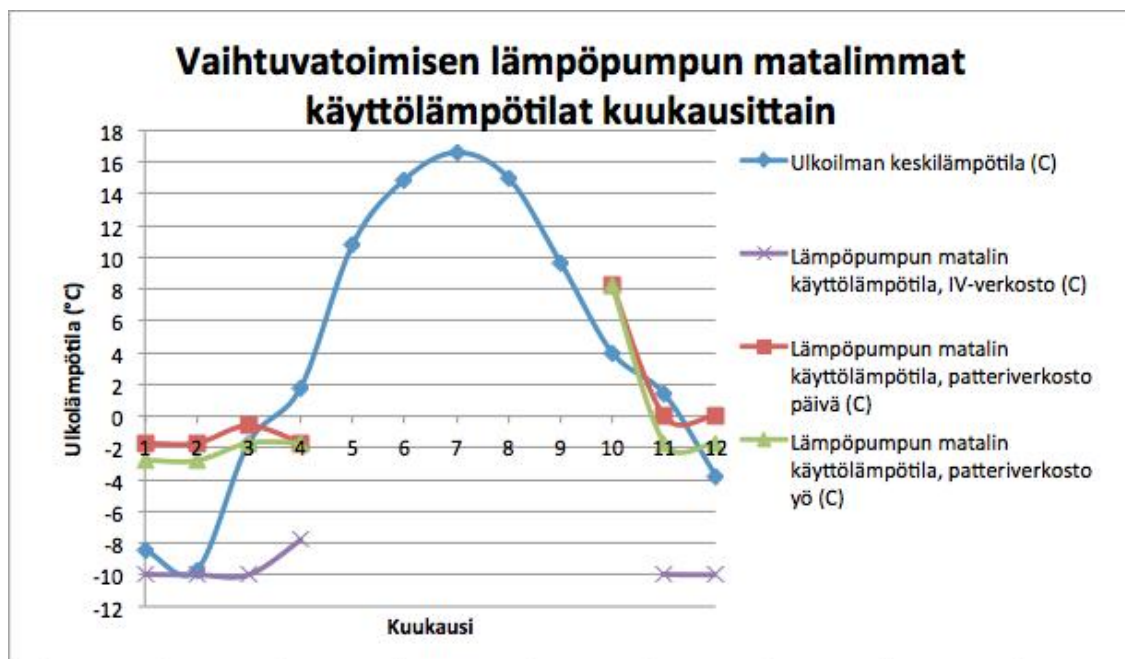
Taulukosta huomataan, että sunnuntaina 7. tammikuuta klo 15.00 ulkolämpötilan ollessa $-1,7$ °C tilojen tarvitsema tehontarve on n. 150 kW. Samassa ulkolämpötilassa tiistaina 9. tammikuuta klo 9.00 tilojen tarvitsema tehontarve on n. 102 kW. Taulukosta huomataan, että arkipäivänä henkilökunnan ollessa työpaikalla tilojen lämmityksentarve on n. 48 kW pienempi kuin sunnuntaina, jolloin kiinteistö on tyhjillään. Taulukossa esiintyvät laskentatulokset on saatu RIUSKA-energiansimulointiohjelmalla tehdyn simuloinnin perusteella.

Tarkastellaan vielä vaihtuvatoimisen lämpöpumpun kuukausikohtaista prosentuaalista käyttöosuutta kiinteistön patteriverkoston- ja ilmanvaihdon lämmityksen kattamisesta. Kuvassa 33 on esitetty kuukausikohtaiset prosentuaaliset osuudet vaihtuvatoimisen lämpöpumpun hyödyntämisestä kiinteistön lämmityksessä.



Kuva 33. Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun kuukausikohtainen käyttöosuus johdettaessa lämpö patteriverkoston ja ilmanvaihdon lämmitykseen.

Kuvasta nähdään, että hyödyntämällä vaihtuvatoimista lämpöpumppua patteriverkoston lämmityksissä ovat kuukausikohtaiset osuudet vuoden jokaisena kuukautena pienemmät kuin hyödyntämällä sitä ilmanvaihdon lämmityksessä. Ilmanvaihdot suuret prosentuaaliset osuudet johtuvat siitä, että tässä on tarkasteltu ainoastaan ilmanvaihtokoneita, jotka on varustettu lämmöntalteenotoilla ja jäähdytyspattereilla. Tarkastelusta on jätetty huomioimatta kokonaan autohallien ja saunatilan ilmanvaihtokoneet. Patteriverkoston prosentuaaliset osuudet sisältävät päivä- ja yösuuksien yhteenlasketut summat (taulukot 7 ja 8). Kuvassa kuukausien toukokuu–syyskuu vaihtuvatoimista lämpöpumppua ei käytetä lämmitykseen, tämän vuoksi näiden kuukausien välit ovat lämpöpumpun lämmityskäytön kannalta tyhjiä. Tammi- ja helmikuussa vaihtuvatoimisen lämpöpumpun kattamat osuudet kokonaislämmitysmäärästä ovat pienimmillään. Tämä johtuu siitä, että tammi- ja helmikuun kuukausikohtaiset ulkoilman keskilämpötilat ovat vuoden matalimmat. Osuudet tarkasteltavista kokonaislämmitysmäärästä ovat suurimmillaan maaliskuussa, huhtikuussa ja marraskuussa.



Kuva 34. Kuukausikohtainen ulkoilman keskilämpötila ja vaihtuvatoimisen lämpöpumpun matalimmat käyttölämpötilat.

Kuvassa 34 on esitetty vaihtuvatoimisen lämpöpumpun matalimmat käyttölämpötilat hyödynnettäessä sitä patteriverkoston ja ilmanvaihdon lämmityksessä. Kuvassa kuukausien toukokuu–syyskuu vaihtuvatoimista lämpöpumppua ei käytetä lämmitykseen, tämän vuoksi näiden kuukausien välit ovat lämpöpumpun lämmityskäytön kannalta tyhjiä. Kuvassa sinisellä piirretty käyvä edustaa kuukausikohtaista ulkoilman keskilämpötilaa. Keskilämpötilat perustuvat Helsinki-Vantaan lentoaseman säähavaintoaseman ulkolämpötilan mittauksiin vuodelta 1979.

Tarkasteltaessa vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla patteriverkoston lämmitystä (kuva 34) tammi- ja helmikuun aikana ulkoilman keskilämpötilat ovat hyvin matalia verrattuna matalimpiin lämpötiloihin, joihin vaihtuvatoimista lämpöpumppua voidaan käyttää. Maaliskuussa, huhtikuussa ja marraskuussa ulkoilman keskilämpötilat ovat hyvin lähellä vaihtuvatoimisella lämpöpumpulla käytettäviä matalimpia lämpötiloja. Lokakuun on ainoa kuukausi, jolloin ulkoilman keskilämpötila on matalampi kuin vaihtuvatoimisen lämpöpumpun matalimmat käyttölämpötilat. Tähän on syynä se, että luvun 7 alussa todettiin kaukolämmön hinnan olevan yli 3 kertaa edullisempaa sähkön hintaan verrattuna, jolloin vaihtuvatoimista lämpöpumppua voidaan käyttää vain suhteellisen korkeissa lämpötiloissa, jotta sen lämpökerroin olisi yli 3:n. Vaihtuvatoimista lämpöpumppua pystyttiin käyttämään vain ulkolämpötilaan 8,3 °C saakka, jolloin sen lämpökerroin ylitti 3:n tarvittavalla menoveden lämpötilalla.

Tarkasteltaessa lämmöntalteenotoilla ja jäähdytyspattereilla varustettuja ilmanvaihtokoneita (kuva 34) huomataan, että vaihtuvatoimista lämpöpumppua voidaan käyttää erittäin mataliin lämpötiloihin saakka. Tämä johtuu siitä, että lämmöntalteenoton jälkeiset lämpötilat ovat suhteellisen korkeita, jolloin vaihtuvatoimisen lämpöpumpun menoveden ei tarvitse olla kovin korkea, jotta se pystyy lämmittämään tuloilman asetusarvon mukaiseen lämpötilaan. Vaikka vaihtuvatoimista lämpöpumppua voidaan käyttää hyvin matalaan lämpötilaan saakka, kuvasta 34 voidaan kuitenkin huomata kuukausikohtaisten tehojen olevan suhteellisen pieniä. Lämmöntalteenottopatterit pystyvät lämmittämään tuloilman pakkasasteillakin hyvin lämpöiseksi, jolloin jäähdytyspatterien tehot jäävät pieniksi.

8 Investointilaskelmat

Tässä kappaleessa esiintyvien investointilaskelmien hinnat perustuvat erään urakan yksikköhintaluetteloon ja Carrierin ilmalauhdutteisten vedenjäähdytyskoneiden hinnastoon (liite 6). Yksikköhintaluettelosta on katsottu putkiston, tarvikkeiden ja putkieristysten hinnat. Käytettyihin yksikköhintoihin on otettu huomioon tarvikkeet, asennuskulut, palkka-, matka- ja päiväraha korvaukset, työnjohto- ja laskentakustannukset sekä yleiskulut. Hinnat sisältävät kaikki liitos-, tiivistys-, yms. tarvikkeet sekä kannatukset. Yksikköhinnat eivät sisällä arvolisäveron osuutta.

8.1 Vedenjäähdytyskone

Kiinteistöön sopivaksi vedenjäähdytyskoneeksi valittiin luvussa 6.1 esitetty Carrierin ilmalauhdutteinen ja ulkosovitteinen vedenjäähdytyskone, jonka malli oli 30RB0372. Liitteenä 6 olevan hinnaston mukaan kyseinen kone maksaa talvivarustuksella varustettuna 62 323 €. Koska uusi vedenjäähdytyskone palvelee täsmälleen samoja verkostoja kuin kiinteistössä käytössä oleva nykyinenkin, investointilaskelmissa ei tarvitse ottaa huomioon uuden jäähdytysputkiverkoston aiheuttamia kustannuksia. Vedenjäähdytyskoneen investointilaskelmat sisältävät itse vedenjäähdytyskoneen, sen asennuksen ja uuden etyleeniglykoliverkoston rakentamisen pumppuineen, säätöventtiileineen ja lämmönsiirtimineen kiinteistön vesikatolta ilmanvaihtokonehuoneeseen, jossa verkosto liitetään nykyiseen jäähdytysverkostoon. Vedenjäähdytyskoneen kokonaisinvestointiin on otettu huomioon suunnittelu- ja rakennustöihin liittyvät kustannukset, raken-

nuskustannukset, sähkötyöt, rakennusautomaatiotyöt ja vanhan vedenjäähdytyskoneen purkaminen ja jätteiden hävityksen. Vedenjäähdytyskoneen tarkempi investointilaskelma on esitetty liitteessä 7. Liitteenä 7 olevasta investointilaskelmasta saadaan vedenjäähdytyskoneen hankinnasta aiheutuvaksi kokonaiskustannukseksi 125 311,1 €.

8.2 Vaihtuvatoiminen lämpöpumppu

Kiinteistöön sopivaksi ulkosovitteiseksi vaihtuvatoimiseksi lämpöpumpuksi valittiin luvussa 6.2 Carrierin malli 30RQ0372. Koska Carrierilla ei ole suoraa hinnastoa näin suurella teholla olevalle vaihtuvatoimiselle lämpöpumpulle, saadaan hinta Carrierin markkinointi- ja tuotepäällikön Teppo Tuijulan mukaan lisäämällä 15 % samalla konekolla olevaan ilmalauhdutteen vedenjäähdytyskoneen hintaan. 30RQ0372-lämpöpumpun hinta talvivarustuksella varustettuna on liitteen 6 perusteella 71 226,4 €. Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun investointilaskelmat sisältävät itse lämpöpumpun, sen asennuksen ja uusien etyleeniglykoliverkostojen rakentamisen pumppuineen, säätöventtiileineen ja lämmönsiirtiminen kiinteistön vesikatolta ilmanvaihtokonehuoneeseen ja ilmanvaihtokonehuoneesta lämmönjakokeskukseen. Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun kokonaisinvestointiin on otettu huomioon suunnittelu- ja rakennustöihin liittyvät kustannukset, rakennuskustannukset, sähkötyöt, rakennusautomaatiotyöt ja vanhan vedenjäähdytyskoneen purkaminen ja jätteiden hävityksen. Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun tarkempi investointilaskelma on esitetty liitteessä 8. Liitteenä 8 olevasta investointilaskelmasta saadaan vaihtuvatoimisen lämpöpumpun hankinnasta aiheutuvaksi kokonaiskustannukseksi 167 294,2 €. Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun tarkempi investointilaskelma on esitetty liitteessä 8.

Liitteinä 7 ja 8 olevien kustannusarvioiden perusteella vaihtuvatoiminen lämpöpumppu aiheuttaa $167294,2 - 125311,1 = 41983,1$ euroa suuremmat kustannukset, jos lämpö johdetaan patteriverkoston lämmitykseen vedenjäähdytyskoneeseen verrattuna. Suuret hankintakustannukset johtuvat suurimmaksi osaksi uusien lämmitysputkien aiheuttamista kustannuksista ullakolla sijaitsevasta ilmanvaihtokonehuoneesta kellarissa olevaan lämmönjakohuoneeseen. Mikäli vaihtuvatoimiselta lämpöpumpulta lämpö johdetaan ilmanvaihdon lämmitykseen, liitteiden 7 ja 8 perusteella vaihtuvatoiminen lämpöpumppu aiheuttaa vain 8 903,4 euroa suuremmat kustannukset vedenjäähdytyskoneeseen verrattuna. Huomattavasti pienempi kustannusero johtuu siitä, että vaihtuvatoimi-

nen lämpöpumppu liitettäisiin samaan verkostoon kuin vedenjäähdytyskonekin, jolloin putkitöihin liittyvät kustannukset ovat samat.

9 Takaisinmaksuaika

Tässä kappaleessa esiintyvä takaisinmaksuaika lasketaan vain vaihtuvatoimiselle lämpöpumpulle sen palvellessa joko patteriverkoston tai ilmanvaihdon lämmitystä. Takaisinmaksuaika lasketaan vain vaihtuvatoimiselle lämpöpumpulle, sillä vain sen avulla (lämmityskäytöllä) voidaan säästää kiinteistön energiakustannuksissa. Takaisinmaksuajan laskeminen suoritetaan vertaamalla vaihtuvatoimisen lämpöpumpun kokonaishankintakustannusta vedenjäähdytyskoneen kokonaishankintakustannukseen ja ottamalla huomioon vuotuiset säästöt. Luvussa 7.1.3 laskettiin vuotuiset säästöt, kun lämpö johdetaan patteriverkoston lämmitykseen; ne olivat 2 738,86 euroa vuodessa. Luvussa 7.2.5 laskettiin vuotuiset säästöt, kun lämpö johdetaan lämmöntalteenotoilla ja jäähdytyspattereilla varustetuille ilmanvaihtokoneille. Ne olivat 772 euroa vuodessa. Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun takaisinmaksuaika lasketaan kaavalla 14 (9):

$$n = \frac{H}{T}, \quad (14)$$

n on takaisinmaksuaika vuosina

H on hankintahintojen erotus

T on vuotuiset säästöt.

Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun takaisinmaksuaika sen palvellessa patteriverkoston lämmitystä:

$$n = \frac{167294,2 - 125311,1}{2738,86} = \frac{41983,1}{2738,86} = 15,3286...$$

Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun takaisinmaksuaika sen palvellessa ilmanvaihdon lämmitystä:

$$n = \frac{8903,4}{772} = 11,5329...$$

Kaavalla 14 laskettuna vaihtuvatoiminen lämpöpumppu maksaa itsensä takaisin, kun se palvelee patteriverkoston lämmitystä hieman yli 15 vuodessa. Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun palvellessa ilmanvaihdon lämmitystä sen takaisinmaksuaika on hieman yli 11,5 vuotta. Laskelmien perusteella takaisinmaksuajat ovat liian pitkiä vaihtuvatoimisen lämpöpumpun hankintaan. Vuotuisten säästöjen laskemiseen käytettiin kaukolämmön hintoina viimeisimmän täyden toteutuneen vuoden hintoja ja sähkön hintoina vuonna 2013 käytössä olevia hintoja. Yli 10 vuoden tarkastelujaksolla energioiden hinnat aiheuttavat liikaa epävarmuustekijöitä, sillä ne saattavat kehittyä epäsuhteessa toisiinsa. Tämän perusteella takaisinmaksuajat saattaa yhtä hyvin pienentyä tai suurenua lasketuista. Laskelmien perusteella kiinteistöön on järkevämpi hankkia vanhan vedenjäähdytyskoneen tilalle uusi vedenjäähdytyskone ilman lämpöpumpputoimintoa.

10 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli vertailla olemassa olevalle kiinteistölle kahta erityyppistä jäähdytyslaitetta. Jäähdytyslaitteet olivat tyypiltään ulkosovitteisia ja ilmalauhdutteisia, ne valittiin kiinteistön jäähdytystehontarpeen mukaan. Jäähdytystehontarpeen arvioinnissa hyödynnettiin RIUSKA-energiansimulointiohjelmalla kiinteistöstä tehtyä simulointia. Vertailtavat jäähdytyslaitteet valittiin Carrierin jäähdytyslaitteille tarkoitetun mitoitusohjelman avulla. Kiinteistöön sopiviksi laitteiksi valittiin vedenjäähdytyskone (Carrier 30RB0372) ja vaihtuvatoiminen lämpöpumppu (Carrier 30RQ0372), jolla voidaan jäähdytyksen lisäksi tuottaa lämpöä. Molemmat jäähdytyslaitteet olivat nimellisjäähdytysteholtaan 372 kW. Vaihtuvatoimista lämpöpumppua hyödynnettäisiin kiinteistön lämmityksessä silloin, kun siellä ei ole jäähdytystehontarvetta. Työ tehtiin Granlund Oy:lle, jossa nykyinen vedenjäähdytyskone ollaan lähivuosina uusimassa.

Työssä tutkittiin vaihtuvatoimisen lämpöpumpun hankinnan kannattavuutta olemassa olevalle kiinteistölle, jonka lämmitys on toteutettu kaukolämmön avulla. Tutkimuksen avulla haluttiin selvittää, mihin vaihtuvatoimiselta lämpöpumpulta lämpö kannattaa johdattaa, kuinka paljon sen avulla voidaan säästää rahaa vuositasolla ja kuinka pitkäksi

muodostuisi sen takaisinmaksuaika. Tutkimuksen kohteet olivat vaihtuvatoimisen lämpöpumpun lämmitystoiminnon hyödyntäminen joko kiinteistön tilojen tai ilmanvaihdon lämmitykseen. Ilmanvaihdon lämmitystä tutkittaessa lämpö johdettiin vain niille ilmanvaihtokoneille, jotka on varustettu lämmöntalteenottopattereilla ja jäähdytyspattereilla. Jäähdytyspattereita hyödynnettäisiin lämmityspattereina silloin kun ilmanvaihto ei tarvitse jäähdytystä. Tämä olisi kustannusten kannalta tehokkain vaihtoehto, sillä nykyisiä jäähdytysputkia voitaisiin käyttää lämmityspotkina eikä kustannuksia muodostuisi uuden putkituksen osalta. Lämpimän käyttöveden esilämmittämistä ei ollut järkevää lähteä tutkimaan, sillä sen osuus kiinteistön vuotuisesta nettoenergiantarpeesta oli vain 6 %. Vuotuiset säästöt johdettaessa lämpöä vaihtuvatoimiselta lämpöpumpulta patteriverkoston lämmitykseen olivat n. 2 740 euroa ja ilmanvaihdon lämmitykseen n. 772 euroa. Tutkimuksen perusteella vaihtuvatoiminen lämpöpumppu

- vähensi kiinteistön patteriverkoston vuotuisia kaukolämpökustannuksia n. 9 230 euroa
- lisäsi kiinteistön vuotuisia sähkökustannuksia n. 6 940 euroa, kun lämpö johdettiin patteriverkoston lämmitykseen
- vähensi kiinteistön ilmanvaihdon vuotuisia kaukolämpökustannuksia n. 1 500 euroa
- lisäsi kiinteistön vuotuisia sähkökustannuksia n. 726 euroa, kun lämpö johdettiin ilmanvaihtokoneiden jäähdytyspattereille.

Kiinteistön ilmanvaihtokoneet (3 kpl), joissa on lämmöntalteenottopatterit ja jäähdytyspatterit, palvelevat toimistotiloja. Ilmanvaihtokoneiden pyörivien lämmöntalteenottopattereiden hyötysuhde on 75 %, jolloin ne pystyvät siirtämään lämpöä erittäin tehokkaasti poistoilmasta tuloilmaan. Tutkimuksen perusteella vaihtuvatoimista lämpöpumppua voitiin käyttää ilmanvaihdon lämmitykseen ulkolämpötilan ollessa matalimmillaan $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Näinkin matalassa ulkolämpötilassa pyörivät lämmöntalteenottopatterit pystyvät lämmittämään tuloilman hyvin lähelle sen sisäänpuhalluslämpötilaa. Tällaisessa tilanteessa ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereiden tehontarpeet jäivät hyvin pieniksi. Tämän vuoksi vuotuiset säästöt jäivät pieniksi hyödynnettäessä vaihtuvatoimista lämpöpumppua ilmanvaihdon lämmitykseen.

Tutkimuksen perusteella vaihtuvatoimista lämpöpumppua ei kannata hankkia toimistorakennukseen,

- joka on liitetty yhteistuotannolla (CHP) tuotetun kaukolämmön verkkoon

- jonka ilmanvaihtokoneet on varustettu pyörivillä lämmöntalteenottopattereilla
- jossa vaihtuvatoiminen lämpöpumppu ja kaukolämmön lämmönjakokeskus ovat etäällä toisistaan.

Vaikka vaihtuvatoimisen lämpöpumpun avulla voitaisiin vähentää tutkittavan kiinteistön patteriverkoston vuotuisissa kustannuksissa n. 2 740 euroa ja ilmanvaihdon tuloilman lämmittämisen vuotuisissa kustannuksissa n. 772 euroa, ei sitä ole hyödyllistä hankkia yli 10 vuoden takaisinmaksuaikojen vuoksi. Pitkä takaisinmaksuaika (yli 15 a) tarkasteltaessa patteriverkoston lämmitystä johtui uuden putkireitin rakentamisesta kiinteistön vesikatolta kellaritilassa sijaitsevaan kaukolämmön lämmönjakokeskukseen. Pitkä takaisinmaksuaika (yli 11,5 a) tarkasteltaessa ilmanvaihdon tuloilman lämmittämistä johtui siitä, että tässä tarkasteltiin lämmön johtamista ilmanvaihtokoneille, joissa on lämmöntalteenottopatterit. Lämmöntalteenottopattereiden vuoksi lämmityspattereiden tehontarpeet jäivät erittäin pieniksi vaihtuvatoimisen lämpöpumpun käyttölämpötiloilla. Tutkimuksen perusteella kiinteistöön on vanhan vedenjäähdytyskoneen tilalle kannattavampaa hankkia uusi vedenjäähdytyskone ilman lämpöpumpputoimintoa.

Lähteet

- 1 Hakala, Pertti & Kaappola, Esko. 2007. Kylmälaitoksen suunnittelu. Helsinki: Opetushallitus.
- 2 Kaartinen, Niina. 2009. Ilma-vesilämpöpumppujen hyödyntäminen toimistorakennuksen lämmityksessä ja jäähdytyksessä. Diplomityö. Teknillinen Korkeakoulu.
- 3 Kianta, Jari (toim.). 2001. Välilliset kylmälaitokset suunnittelu ja rakentaminen. Tampere: Kianta Jari & Aittomäki Antero.
- 4 Aittomäki, Antero (toim.). 2008. Kylmätekniikka. Helsinki: Suomen Kylmäyhdistys r.y.
- 5 Rakennusten energiatehokkuus. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 6 Ajankohtaista kylmalaiteliikelle. 2012. Verkkodokumentti. Tukes. <<http://www.tukes.fi/fi/Ajankohtaista/Tiedotteet/Kylmalaiteliikkeit/Ajankohtaista-kylmalaiteliikelle/#HCFC>>. Luettu 21.3.2013.
- 7 Toivanen, Timo. 2010. Vapaajäähdytyksen toiminnan tutkiminen. Opinnäytetyö. Mikkelin Ammattikorkeakoulu.
- 8 Ilmalauhdutteiset koneet. 2013. Verkkoaineisto. Carrier Oy. <<http://www.carrier.fi/index.php/vedenjaahdyttimet-lampopumput-ja-lampokoneet/ilmalauhdutteiset-koneet>>. Luettu 9.4.2013.
- 9 Sainio, Erkki. 2011. Talotekniikan elinkaaritalous. Investointilaskenta luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 10 Tietoa yrityksestä. 2013. Verkkoaineisto. Granlund Oy. <<http://www.granlund.fi/granlund/>>. Luettu 10.3.2013.

Lämmitysjärjestelmän säätökaavio

Liitteessä on esitetty kiinteistön lämmitysjärjestelmän säätökaavio toimintaselotuksineen.





OHJELMAT

Osajärjestelmän toimintaan vaikuttavat seuraavat ohjelmat, joiden yksityiskohtainen toiminta on selvitetty ohjelmaluettelossa.

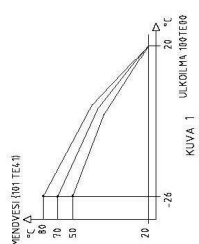
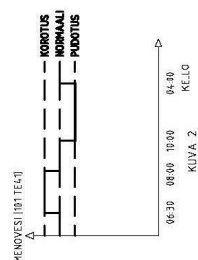
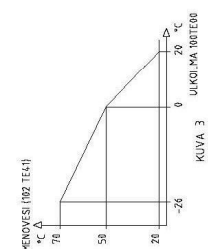
NO	HÄLYTYSOHJELMAT
0-17	HÄLYTYSOHJELMAT OHJELMALUETTELOON MUKAISESTI

NO	AIKAOHJELMAT
1	NORMAALI AIKAOHJELMA

NO	TAPAHTUMA-OHJELMAT
0	YLEISET TAPAHTUMA-OHJELMAT
2	LÄMMITYSVERKOSTON HÄIRIÖ

NO	RAPORTOINTI-OHJELMAT
7	TEHORAPORTTI
9	LÄMMÖNKULUTUSRAPORTTI
11	VEDENKULUTUSRAPORTTI
12	KULUTUSTEN TILASTO- JA KULUTUSRAPORTTI
14	LÄMMITYKSTARVELUVUN LASKENTA

Insinööritoimisto OLOF GRANLUND OY Malminkaari 21, PL 59, 00701 HELSINKI Puh. 010 759 2000, Fax 010 759 2421		Koy KOY HELSINGIN MALMINKAARI 21 RAU-JÄRJESTELMÄN UUSINEN MALMINKAARI 21 00700 HELSINKI		Hinnastuksen alustaja SÄÄTÖKAAVIO LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ		Suomen JMI PPL JMI Vest. JAS Pvm 24.5.2012		CAD ..\Q5802\Q5802\Yhdistelmä\CAD\RAU\Korotet\6100.dwg Suunn. JMI Proj. n:o Pit. n:o Mittakaava 3/5	
--	--	---	--	---	--	---	--	--	--



INSINÖÖRITOIMISTO OLOF GRANLUND OY Malminkartti 21, PL 59, 00701 HELSINKI Puh. 010 759 2000, Fax 010 759 2421	<p>KOY HELSINGIN MALINKAARI 21</p> <p>RAU—ARJESTELMAN LUUSINEN</p> <p>MALINKAARI 21</p> <p>00700 HELSINKI</p>	<p>Y-tunnus</p> <p>Alkuperäinen asiakas</p> <p>SÄTÖKAANO</p> <p>LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ</p>	<table border="1"> <tr> <td>Source</td> <td>JNI</td> <td>CAU</td> <td>..058xx (05802) (Hinterb0) CAU) Rau) Vorwerk 6100.dwg</td> </tr> <tr> <td>PRT.</td> <td>JNI</td> <td>Summa</td> <td>Proj. n:o</td> </tr> <tr> <td>Vest.</td> <td>JAS</td> <td></td> <td>Muutos</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>RAU H05802.P017 6100</td> </tr> <tr> <td>Pvm.</td> <td>24.5.2012</td> <td>Hakel.</td> <td>d</td> </tr> <tr> <td>JNI.</td> <td>31.5.2012</td> <td></td> <td>5/5</td> </tr> </table>	Source	JNI	CAU	..058xx (05802) (Hinterb0) CAU) Rau) Vorwerk 6100.dwg	PRT.	JNI	Summa	Proj. n:o	Vest.	JAS		Muutos				RAU H05802.P017 6100	Pvm.	24.5.2012	Hakel.	d	JNI.	31.5.2012		5/5
Source	JNI	CAU	..058xx (05802) (Hinterb0) CAU) Rau) Vorwerk 6100.dwg																								
PRT.	JNI	Summa	Proj. n:o																								
Vest.	JAS		Muutos																								
			RAU H05802.P017 6100																								
Pvm.	24.5.2012	Hakel.	d																								
JNI.	31.5.2012		5/5																								

Jäähdytysjärjestelmän säätökaavio

Liitteessä on esitetty kiinteistön jäähdytysjärjestelmän säätökaavio toimintaselostukseen.





Osajärjestelmän toimintaan vaikuttavat seuraavat ohjelmat, joiden yksityiskohtainen toiminta on selostettu ohjelmaluettelossa.

NO	HÄLYTYSOHJELMAT
0-17	HÄLYTYSOHJELMAT OHJELMALUETTELOON MUKAISESTI

NO	AIKAOHJELMAT
1	NORMAALI AIKAOHJELMA

NO	TAPAHTUMA OHJELMAT
0	YLEISET TAPAHTUMA OHJELMAT
16	JÄNNITEKATKO OHJELMA

NO	RAPORTINTIÖHJELMAT
1	KÄYTTÖTUNTI LASKENTA
3	ASETUSARVORAPORTTI
8	KASTEPISTELÄMPÖTILAN LASKENTA

[illegible]

[illegible]

JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄN OLLESA KÄYTÖSSÄ

Konejäähdytys

Pumput P01, 01 ja P02,01 käyttävät vedenjäädytyskoneen VJK01 kädessä. Vedenjäädytyskone VJK01 käy oman automatiikkansa ohjaamana piltän menevän veden lämpötilan TE51,01 asetusarvonsaan Rakennusautomaatiojärjestelmä muuttaa vedenjäädytyskoneen menoveden asetusarvonsa ulkolämpötilamittauksen TE00 perusteella (ks. kuva 1).

Nestejäähdytyspiirin lämpötilan säätö

Vedenjäähdytyskoneen VJK01 lauhdutuspiirin painesäädin PC02.01 pitää vedenjäähdytyskoneen kylmäaineen paineen asetusarvossaan, (joka vastaa n. +20°C lauhdutuslämpötilaa) säätämällä pumpun P02.01 pyörimisnopeutta taajuusmuuttajalla SC02.01.

Säätöohjelma TC62.01.2 pitää nestejäähdyttimiltä palaavan paluuliuksen lämpötilan TE62.01.2 asetusarvoaan (esim. +27 °C) ohjaamalla rinnan nestejäähdyttimen NU01.01 puhaltimien pyörimisnopeutta taajuusmuuttajalla SC02.01.

Säätöohjelma TC82.01.1 estää nestejäähdyttimiltä palaavan liuoksen lämpötilaa TE82.01.1 laskemasta alle asetusarvon (+25 °C) ohjaamalla säätöventtiiliä FV02.01.

Vapaaäähdytys

HUOM. Kaikki arvot muutettavissa grafiikalta.

Vapaaajäähdytys otetaan käyttöön kun: Ajankohta on keskimäärin syyskuun 15/10/2023 -väli -> huhtikuun, valitavissa grafiikalta ja kun vrk. keskilämpötila uit. esim. +10 astetta. Käyttötoimintoon määrittelyssä voidaan käyttää hyväksi myös sääennusteeseen perustuvaa optimointiohjelmaa (tämän käyttötilanne voidaan valita grafiikalta: manuaali tai automaattiohjaus).

Automaattinen ohjaus päälle kun xxx (logiikka selitetään myöhemmin, perustuu pääsosisin sääolosuhteiden vaihteluun, päivätyö lämpötiloihin ine).

Vapaaäähdytyksen ollessa käytössä: Ohjataan iv-jäähdytysventtiili 100% lauki (näin siirretään jäähdytyspaikoissa lämmennyt vesi jäähdyttämään iv-jäähdytyspatterin josta lämpö siirtyy tulolimaan), seuraa että tuloliman lämpötila pysyy käytännössä +17..+18°C.

Kun tuloilman lämpötila tippuu alle + 16 ja LTO käy 100%, säätöohjelma antaa lämmitysventtiilille luvan avata

TE 4.2 lämpötila-asetus on +14 (Tarkoitaa sitä, että silloin kun LTO pystyy nostamaan TE04.2 lämpötilan + 14 asteseen, iv-koneen lämmitys ei ole päällä. Kun LTO ei pysty nostamaan TE04.2 lämpötilaa +13 astetta ylemmäs, avataan lämmitysventtiiliä FV04, jotta lämpötila pysyy asetusarvossaan.

Vapaaääänhditys poistetaan käytöstä kun: Kun LTO 100% ja TE03 enää alle esim. + 2..8 astetta tai kun ulkolämpö alle esim. -15 astetta tai enää 1-5% palikkalämpötilapaterleista on aukki (- Miten pitääkään vapaaäähdystä tavitaan? Voisiko olla esim. näin? Jos sen KIP-huoneen takia pitää pitää mandolisimman pirkkaan päällä niin sitten pitää miettiä tämä osuus uudelleen...)

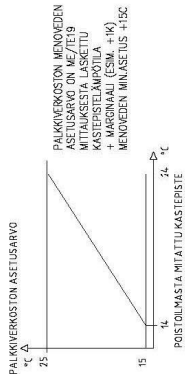
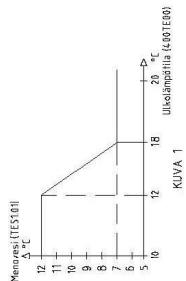
Vapaajäähdryhtyskoneiden porrastus: tämän voisi automatisoida niin, että toimiston iv-kone kerrallaan (portaitaan) siirtyy vapaajäähdryhtykseen seuraavasti: Ensimmäisessä portaitassa käynnistyy A-portaan kone 302 TK. Kun tämän koneen Vapaajäähdryhtys teho ei enää riitä (Palkkien menovesi yli asetusarvon (17...19 astetta), siirtyy toisessa portaatissa B osan kone 304 vapaajäähdryhtykäyttöön. Kolmannessa portaatissa C osan kone.

PAKKOKÄYTTÖOHJAUKSET (Ylläpito-ohjaukset)

Nestejäähdyttimien puhaltimien ollessa pysädyksissä käyttäjä käynnistää harkintansa mukaan ns. pakkoikätyöohjelman, joka ohjaa nestejäähdyttimien puhaltimet ja verkostopumput käyntiin asetusluku alaksi (*ks. nestejäähdyttimen käyttöohjeet*). Rakennusautomaatiojärjestelmän muistuttaa käyttäjää asetteluun aika välein pakkoikätyöohjelman suorittamisesta.

Nestejähdytysverkostojen täyttö nestejähdytysverkoston paineen laskiessa voidaan verkostoa täyttää täyttöpumppulla 401P02.04 painamalla käyttöpainiketta.

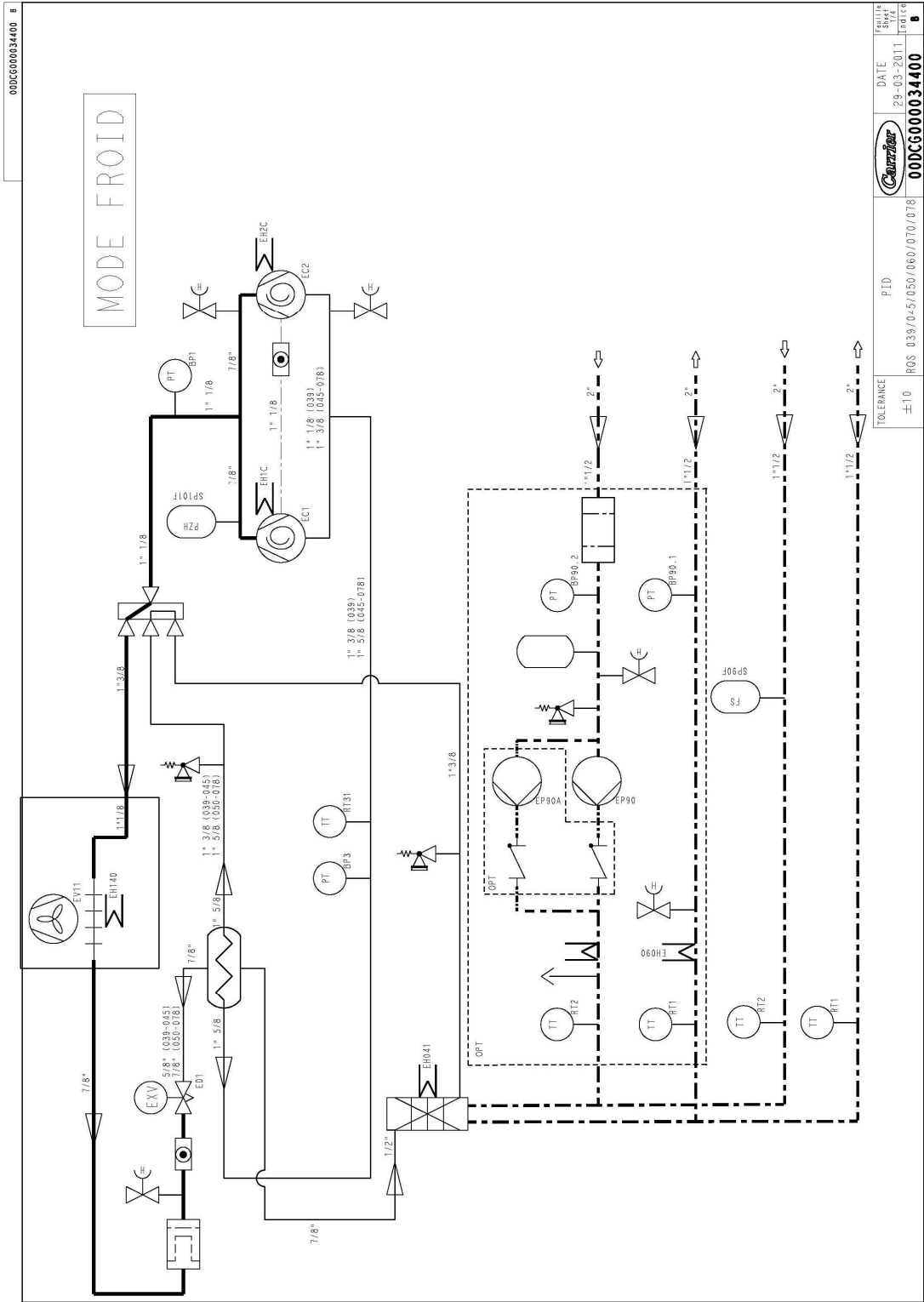
[illegible]

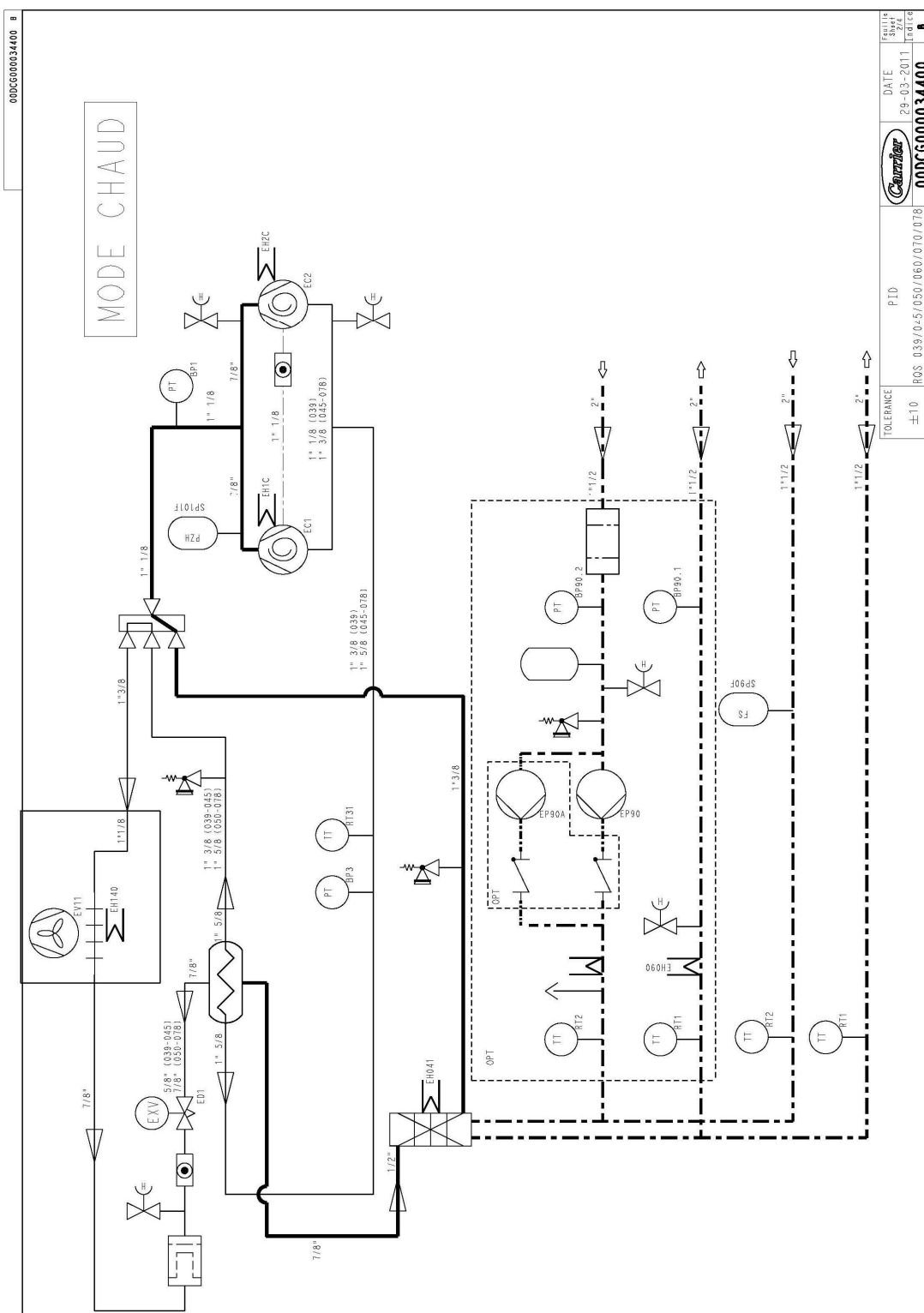


<div>Insinööritoimisto OLOF GRANLUND OY</div> <div>Malminkaarit 21, PL 59, 00701 HELSINKI Puh. 010 759 2000, Fax 010 759 2421</div>												<div>KOY HELSINGIN MALINKAARI 21 RAU-JÄRJESTELMÄN UUSIMINEN MALINKAARI 21 00700 HELSINKI</div>												<div>Projektiluettelu: s0003 SAATOKAARI VEDENJÄRJESTYKSE</div>												<div>OKD .. \058ra\05802\ventdet06\CAO\RAU\Ycand6\6401.dwg</div>																							
Suunn. JANI												Pih. JANI												Vast. JAS												Päättäjän nimi RAU H05802.P017 6401												Päiv. 24.5.2012											
P. JANI 18.12.2012												P. JANI 18.12.2012												P. JANI 18.12.2012												P. JANI 18.12.2012												P. JANI 18.12.2012											
P. JANI 3.10.2012												P. JANI 3.10.2012												P. JANI 3.10.2012												P. JANI 3.10.2012												P. JANI 3.10.2012											
P. JANI 31.5.2012												P. JANI 31.5.2012												P. JANI 31.5.2012												P. JANI 31.5.2012												P. JANI 31.5.2012											

Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun PID-kaavio

Liitteessä on esitetty erään Carrierin vaihtuvatoimisen lämpöpumpun PID-kaavio. Liitteen sivulla 2 on esitetty vaihtuvatoimisen lämpöpumpun kylmäprosessin kierto jäähdytystoiminnolla ja sivulla 3 lämmitystoiminnolla. Liitteen sivuilla 4–5 on esitetty PID-kaaviossa olevien komponenttien selitykset.














00DCG00034400 8									
FRANCAIS	ENGLISH	DEUTSCH	CASTELLANO	ITALIANO	DANSK	ELLINIKI	PORTUGES	SUOMI	SWENSKA
DESIGNATION DES COMPOSANTS	COMPONENT DESIGNATION	BAUTEIL- BEZEICHNUNG	NOMBRE DE COMPONENTES	DESIGNAZIONE DEI COMPONENTI	KOMPLEMENT BETEGNELSE	ΑΝΑΦΕΙΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ	DESIGNAÇÃO DOS COMPONENTES	KOMPLEMENTI NIMINE	KOMPLEMENT BETEGNING
COMPRESSEUR	COMPRESSOR	VERDICHTER	COMPRESSOR	COMPRESSORE	KOMPRESSOR	ΣΥΜΠΙΕΣΤΗΡ	COMPRESSOR	KOMPRESSORI	KOMPRESSOR
VOYANT LIQUIDE	MOISTURE SIGHT GLASS	FEUCHTHEITSS- SIEHGLAS	MIRILLA DE NIVEL	VETRO SITA DEL LIQUIDO	SNEGLAS	ΔΕΙΚΤΗΣ ΥΠΟΘΕΤΑΣ	VISOR DE LIQUIDO	KOSTEUS JÄRKAARTORI	FUKTIGHETSSINGLAS
ECHEANGEUR A PLAQUES	PLATE HEAT EXCHANGER	PLATTEN WÄRMETAUSCHER	INTERCAMBIAD OR DE PLACAS	SCAMBIATORE DI CALORE A PIASTRE	PLADE VÄRMEVEXSLER	ΠΛΑΚΟΕΙΔΗΣ ΕΞΑΛΛΑΓΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	INTERCAMBIADOR DE PLACAS	LEVYLÄMÖN- VÄRMIN	PLATTVÄRMEVÄXLARE
FILTRE A CARTOUCHE	CARTIDGE FILTER	PATRONEL- FILTER	FILTRO DE CARTUCHO	FILTRO A CARTECCIA	PATRON FILTER	ΑΥΤΑΛΛΑΓΤΙΚΟ ΦΙΛΤΡΟ	FILTRO DE CARTUCHO	SUODATINPÄINÄS	PATRON- FILTIER
FILTRE	FILTER	FILTER	FILTRO	FILTRO	FILTER	ΦΙΛΤΡΟ	FILTRO	SUODATIN	FILTER
ENTREE SORTIE	INLET OUTLET	EINTRITT ABGANG	ENTRADA SALIDA	INGRESSO USCITA	TØRSNG AFGANG	ΕΙΣΟΔΟΣ ΕΞΟΔΟΣ	ENTRADA SAÍDA	SISÄINEN ULOSTULO	INOPP UTLOPP
CIRCUIT HAUTE PRESSION	HIGH-PRESSURE CIRCUIT	HOCHDRUCK- KREISLAUF	CIRCUITO DE ALTA PRESSION	CIRCUITO AD ALTA PRESSIONE	HØJTRYKSKREDS	ΚΥΚΛΩΜΑ ΥΠΗΡΑΝΗΣ	CIRCUITO DE ALTA PRESSAO	KORKEAPAINEL- PIIRI	HÖSTRYCKS- KRETS
CIRCUIT BASSE PRESSION	LOW-PRESSURE CIRCUIT	NIEDERDRUCK- KREISLAUF	CIRCUITO DE BAJA PRESSION	CIRCUITO A BASSA PRESSIONE	LAJTRYKSKREDS	ΚΥΚΛΩΜΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ	CIRCUITO DE BAIXA PRESSAO	MÄLÄPÄINEL- PIIRI	LÄGTRYCKS- KRETS
CIRCUIT HUILE	OIL CIRCUIT	ÖL-KREISLAUF	CIRCUITO DE AGILITE	CIRCUITO DELL'OLIO	OLETKREDS	ΚΥΚΛΩΜΑ ΛΑΔΙΟΥ	CIRCUITO DE OLEO	OLJUPIIRI	OLJE- KRETS
CIRCUIT D'EAU	WATER CIRCUIT	WASSER KREISLAUF	CIRCUITO DE AGUA	CIRCUITO ACQUA	VANDKREDS	ΚΥΚΛΩΜΑ ΥΔΡΟΥ	CIRCUITO DE AGUA	VESIPIIRI	VATTEN- KRETS
OPTION NORME REFERENCE	OPTION STANDARD COMPLIANCE REFERENCE	OPTION BEUGES- NORM	OPTION NORMA DE REFERENCIA	OPZIONE NORMA DEL RITERIMENTO	TILVALG REFERENCE STANDARD	ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ	OPÇÃO REFERENCIA NORMAS	OPTIO VIERTE STANDARDI	OPTION REFERENS STANDARDEN
VANNE 4 VOIES	FOUR-WAY VALVE	VIERTWEI- VENTIL	VALVULA DE CONTRO 4 VAS	VALVOLA A QUATTRO VIE	FIREVEJSVENTIL	ΤΕΤΡΑΔΩΝ ΒΟΥΛΕ	VALVULA DE 4 VÍAS	NELTIEVENTTEILI	FIVRÄSVÄNTIL
ECHEANGEUR DE CHALEUR	HEAT EXCHANGER	WÄRMETAUSCHER	INTERCAMBIADOR DE CALOR	SCAMBIATORE	VÄRMEVEXSLER	ΕΞΑΛΛΑΓΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	COMTADOR DE CALOR	LÄMMÖVAHDIN	VÄRMEVÄXLARE
RECHAUFFEUR	HEATER	HEIZUNG	CALENTADOR	RISCALDATORE	VÄRMEKILDE	ΘΕΡΜΑΙΝΤΗΣ	aquecedor	LÄMMITIN	VÄRMARE



TOLERANCE	PID	DATE	Sheet
±10	ROS 039/0-S/050/060/070/078	29-03-2011	8



00DCG00034400 8									
FRANCAIS	ENGLISH	DEUTSCH	CASTELLANO	ITALIANO	DANSK	ELLINIKΑ	PORTUGES	SUOMI	SWENSKA
DESIGNATION DES COMPOSANTS	COMPONENT DESIGNATION	BAUTEIL- BEZEICHNUNG	NOMBRE DE LOS COMPONENTES	DESIGNAZIONE DEI COMPONENTI	KOMPONENT BETEGNELSE	Ανάρτηση Εξαρτημάτων	DESIGNAÇÃO DOS COMPONENTES	KOMONENTI- NIMIKE	KOMPONENT- BETECKNING
	DETENEUR EXPANSION DEVICE	EXPANSIONS- VORRICHTUNG	DISPOSITIVO DE EXPANSIÖNE	DISPOSITIVO DI ESPANSIONE	EXPANSIONS UDSTR.	Εκταστικό Εξάρτημα	VALVULA DE EXPANSÃO	PÄISUNTIA- LAITE	EXPANSIONS- UTRÄSTNING
	CLAPET	VENTIL	VALVULA	VALVOLA	VENTIL	Βαν	VALVULA	VENTTILI	VENTIL
	VAVNE A COMMANDE MANUELLE	MANUELL GESTEUERTES VENTIL	VALVULA DE MANDO MANUAL	VALVOLA AD AZIONAMENTO MANUALE	MANUELL VENTIL	Χειροκίνητη Βαν	VALVULA CONTROLADA MANUALMENTE	MANUAALISESTI SÄÄDÖTTÄVÄ VENTTILI	MANUELL REGLER- VENTIL
	SOPAPE SECURITE	SICHERHEITS- VENTIL	VALVULA DE SEGURIDAD	VALVOLA DI SICUREZZA	SIKERHEDS VENTIL	Βαν Ασφαλείας	VALVULA DE SEGURANÇA	VÄRVENTTILI	SÄKERHETS- VENTIL
	INDICATEUR DE PPRESSION	DRUCK- ANZEIGER	INDICADOR DE PRESION	INDICATORE DI PRESSIONE	TRYK INDIKATOR	Μετρητής Πίεσης	INDICADOR DE PRESSÃO	PÄINEN ILMAISIN	TRYCK- INDIKATOR
	INDICATEUR DE TEMPERATURE	TEMPERATUR- ANZEIGER	INDICADOR DE TEMPERATURA	INDICATORE DI TEMPERATURA	TEMPERATUR INDIKATOR	Μετρητής Θερμότητας	INDICADOR DE TEMPERATURA	LÄMPÖILMAN ILMAISIN	TEMPERATUR- INDIKATOR
	COMMUTATEUR DE DIBIT	STROMUNGSMACHER	INTERRUPTOR DE FLUJO	FLUSSOSTATO	FLOW SWITCH	Διακόπτης Ροής	FLUOSTATO	VIRTAINKYTKIN	FLÖDESVAKT
	PRESSOSTAT SECURITE HAUTE PRESSION	HOCHDRUCK- SICHERHEITSSCHALTER	INTERRUPTOR DE SEGURIDAD ALTA PRESION	PRESSOSTATO DI ALTA	HÖJTRYKS- PRESSOSTAT	Διακόπτης Ασφαλείας Υψηλής Πίεσης	VALVULA DE SEGURANÇA DE ALTA PRESSÃO	KORKEAPAINE VAROKYTKIN	HÖGTRYCKS- PRESSOSTAT
	PURGEUR AUTOMATIQUE	AUTOMATISCHE ENTLUFTER	AUTOMATICA TRAMPA	AUTOMATICO TRAPPOLA	AUTOMATISCHE FIELDEN	Αυτόματη Τράπα	AUTOMATICO ARMADILLA	AUTOMATTINEN ANSA	AUTOMATISK TRAP

TOLERANCE	PID	DATE	Sheet Number
±10	ROS 039/0-5/050/060/070/078	29-03-2011	8
00DCG00034400			

Kaukolämmön hintoihin perustuva hinnasto

Liite sisältää Helsingin Energian kaukolämmön hinnaston.

Kaukolämmön energia- ja vesivirtamaksut

Energiamaksut

Aika	Alv %	€/MWh, alv 0 %	€/MWh, alvillinen	
1.5.2013-	24	25,67	31,83	kesäkausi
1.3.2013-30.4.2013	24	43,68	54,16	talvikausi
1.1.2013-28.2.2013	24	47,61	59,04	huippukulutuskausi
1.11.2012-31.12.2012	23	43,95	54,06	talvikausi
1.5.2012-31.10.2012	23	25,14	30,92	kesäkausi
1.3.2012-30.4.2012	23	44,24	54,42	talvikausi
1.1.2012-29.2.2012	23	47,39	58,29	huippukulutuskausi
1.11.2011-31.12.2011	23	43,43	53,42	talvikausi
1.5.2011-30.10.2011	23	23,88	29,37	kesäkausi
1.3.2011-30.4.2011	23	40,39	49,68	talvikausi
1.1.2011-28.2.2011	23	43,16	53,09	huippukulutuskausi
1.10.2010-31.12.2010	23	34,36	42,26	talvikausi

Vesivirtamaksut, 1.1.2013 alkaen

T49 2003 = 1701 (Keskiarvo tammi-kesäkuu)

T49 2012 = 2227 (Keskiarvo tammi-kesäkuu)

Sopimusvesivirta m ³ /h	Ilman arvonlisäveroa €/v	Ilman arvonlisäveroa €/kk	Sisältää arvonlisäveron 24 % €/v	Sisältää arvonlisäveron 24 % €/kk
0	0,00	0,00	0,00	0,00
0,10	286,53	23,88	355,30	29,61
0,15	411,68	34,31	510,48	42,54
0,20	536,83	44,74	665,67	55,47
0,25	661,98	55,16	820,85	68,40
0,30	787,12	65,59	976,03	81,34
0,35	890,53	74,21	1 104,26	92,02
0,40	995,39	82,95	1 234,29	102,86
0,45	1 100,25	91,69	1 364,31	113,69
0,50	1 205,11	100,43	1 494,33	124,53
0,60	1 414,82	117,90	1 754,38	146,20
0,70	1 624,54	135,38	2 014,43	167,87
0,80	1 834,26	152,85	2 274,48	189,54
0,90	2 043,97	170,33	2 534,53	211,21
1,00	2 253,69	187,81	2 794,57	232,88
1,20	2 673,12	222,76	3 314,67	276,22
1,40	3 092,55	257,71	3 834,77	319,56
1,60	3 511,99	292,67	4 354,86	362,91
1,80	3 931,42	327,62	4 874,96	406,25
2,00	4 350,85	362,57	5 395,06	449,59
2,20	4 662,74	388,56	5 781,80	481,82
2,40	4 974,64	414,55	6 168,55	514,05
2,60	5 286,53	440,54	6 555,30	546,27
2,80	5 598,42	466,54	6 942,05	578,50
3,00	5 910,32	492,53	7 328,79	610,73
3,20	6 222,21	518,52	7 715,54	642,96
3,40	6 534,10	544,51	8 102,29	675,19
3,60	6 846,00	570,50	8 489,03	707,42
3,80	7 157,89	596,49	8 875,78	739,65
4,00	7 469,78	622,48	9 262,53	771,88
4,40	8 093,57	674,46	10 036,02	836,34
4,80	8 717,35	726,45	10 809,52	900,79
5,20	9 175,05	764,59	11 377,06	948,09
5,60	9 513,03	792,75	11 796,16	983,01

Helsingin Energia Asiakaspalvelu asiakaspalvelu@helen.fi www.helen.fi	Postiosoite 00090 HELEN	Käyntiosoite Kampinkuja 2 Malmiirinne 6	Avoimna Ma-pe 8.30-16.00	Puhelin Kotitaloudet: 010 802 802 Yritykset: 010 802 803
--	----------------------------	---	--------------------------------	--

Vesivirtamaksut

Sopimusvesivirta m³/h	Ilman arvonlisäveroa		Sisältää arvonlisäveron 24 %	
	€/v	€/kk	€/v	€/kk
6,00	9 851,01	820,92	12 215,25	1 017,94
6,40	10 188,99	849,08	12 634,35	1 052,86
6,80	10 526,97	877,25	13 053,45	1 087,79
7,20	10 864,95	905,41	13 472,54	1 122,71
7,60	11 202,93	933,58	13 891,64	1 157,64
8,00	11 540,91	961,74	14 310,73	1 192,56
8,40	11 878,90	989,91	14 729,83	1 227,49
8,80	12 216,88	1 018,07	15 148,93	1 262,41
9,20	12 554,86	1 046,24	15 568,02	1 297,34
9,60	12 892,84	1 074,40	15 987,12	1 332,26
10	13 230,82	1 102,57	16 406,22	1 367,18
11	14 075,77	1 172,98	17 453,96	1 454,50
12	14 920,72	1 243,39	18 501,70	1 541,81
13	15 765,68	1 313,81	19 549,44	1 629,12
14	16 610,63	1 384,22	20 597,18	1 716,43
15	17 455,58	1 454,63	21 644,92	1 803,74
16	17 980,23	1 498,35	22 295,49	1 857,96
17	18 580,25	1 548,35	23 039,51	1 919,96
18	19 180,27	1 598,36	23 783,53	1 981,96
19	19 780,28	1 648,36	24 527,55	2 043,96
20	20 380,30	1 698,36	25 271,57	2 105,96
22	21 580,34	1 798,36	26 759,62	2 229,97
24	22 780,37	1 898,36	28 247,66	2 353,97
26	23 980,41	1 998,37	29 735,70	2 477,98
28	25 180,44	2 098,37	31 223,75	2 601,98
30	26 380,48	2 198,37	32 711,79	2 725,98
32	27 580,51	2 298,38	34 199,83	2 849,99
34	28 780,55	2 398,38	35 687,88	2 973,99
36	29 980,58	2 498,38	37 175,92	3 097,99
38	31 180,62	2 598,38	38 663,96	3 222,00
40	32 380,65	2 698,39	40 152,01	3 346,00
42	33 580,69	2 798,39	41 640,05	3 470,00
44	34 780,72	2 898,39	43 128,09	3 594,01
46	35 980,76	2 998,40	44 616,14	3 718,01
48	37 180,79	3 098,40	46 104,18	3 842,01
50	38 380,82	3 198,40	47 592,22	3 966,02
52	39 580,86	3 298,40	49 080,27	4 090,02
54	40 780,89	3 398,41	50 568,31	4 214,03
56	41 980,93	3 498,41	52 056,35	4 338,03
58	43 180,96	3 598,41	53 544,40	4 462,03
60	44 381,00	3 698,42	55 032,44	4 586,04
70	50 381,17	4 198,43	62 472,66	5 206,05
80	56 381,35	4 698,45	69 912,87	5 826,07
90	62 381,52	5 198,46	77 353,09	6 446,09
100	68 381,70	5 698,47	84 793,30	7 066,11
110	74 381,87	6 198,49	92 233,52	7 686,13
120	80 382,04	6 698,50	99 673,74	8 306,14
130	86 382,22	7 198,52	107 113,95	8 926,16
140	92 382,39	7 698,53	114 554,17	9 546,18
150	98 382,57	8 198,55	121 994,38	10 166,20
160	104 382,74	8 698,56	129 434,60	10 786,22
170	110 382,92	9 198,58	136 874,82	11 406,23
180	116 383,09	9 698,59	144 315,03	12 026,25
190	122 383,26	10 198,61	151 755,25	12 646,27
200	128 383,44	10 698,62	159 195,46	13 266,29
220	140 383,79	11 698,65	174 075,90	14 506,32
440	272 387,62	22 698,97	337 760,65	28 146,72

Sähkön hintoihin perustuvat hinnastot

Liite sisältää Helsingin Energian sähkön hintoihin perustuvat hinnastot. Liitteen sivulla 2 on esitetty sähkönsiirtohinnoisto ja sivulla 3 sähköenergiaan perustuva hinnoisto.

Voimassa 1.1.2013 alkaen

Sähkön siirtohinasto

	alv 0 %	alv 24 %*
Yleissiirto		
Perusmaksu €/kk	3,74	4,64
Siirtomaksu c/kWh	2,95	3,66
Aikasiirto		
Perusmaksu €/kk	13,33	16,53
Päiväsiirto c/kWh	2,68	3,32
Yösiirto c/kWh	1,77	2,19
Pienjännitetelesiirto		
Perusmaksu €/kk	26,00	32,24
Tehomaksu €/kW, kk	3,45	4,28
Loistehomaksu €/kvar, kk	1,99	2,47
Päiväsiirto c/kWh	1,25	1,55
Yösiirto c/kWh	1,15	1,43
Keskijännitetelesiirto		
Perusmaksu €/kk	175,00	217,00
Tehomaksu €/kW, kk	2,60	3,22
Loistehomaksu €/kvar, kk	1,99	2,47
Päiväsiirto c/kWh	0,93	1,15
Yösiirto c/kWh	0,83	1,03
Vuosisiirto		
Vuosisiirto €/40W, vuosi	15,46	19,17
Ohjattu yösiirto (ei vapaavalintainen)		
Perusmaksu €/kk	13,33	16,53
Sopimustehomaksu €/kW, vuosi	7,62	9,45
Päiväsiirto c/kWh	2,70	3,35
Yösiirto c/kWh	1,03	1,28
Sähkövero	alv 0 %	alv 24 %
Veroluokka I c/kWh	1,703	2,11172
Veroluokka II c/kWh	0,703	0,87172

Sähkövero peritään kaikesta jakeluverkon kautta asiakkaille jaetusta sähköenergiasta. Sähkön valmistevero ja huoltovarmuusmaksu sisältyvät sähköveromaksuun. Sähköveron II veroluokkaan voivat hakeutua sähkönkäyttöpaikat, joissa harjoitetaan tuotannollista toimintaa tai ammattimaista kasviuoneviljelyä. Hakemuskavakkeita voi tilata Helsingin Energian asiakaspalvelusta. Lisätietoja sähköverosta saa Tullilaitokselta, Eteläinen tullipiiri/valmisteverot.

* Arvonlisäverolliset siirtohinnot on pyöristetty kahteen desimaaliin.

Yleissiirto

Suurin sallittu pääsulakekoko on 3 x 63 A, jos vuosikulutus ylittää 5 000 kWh.

Aikasiirto

Päiväsiirron hinta on voimassa arkipäivinä maanantaista perjantaihin klo 7–20. Yösiirron hinta on voimassa muina aikoina. Vapunaaton, juhannusaaton, jouluaaton ja uudenvuodenaaton noudatetaan yöhinnottelua. Suurin sallittu pääsulakekoko on 3 x 80 A.

Pienjännite- ja keskijännitetelesiirto

Päiväsiirron hinta on voimassa klo 7–22. Yösiirron hinta on voimassa muina aikoina. Tehomaksun laskutusteho on kuukauden suurin päivähinnan voimassaoloaikana mitattu yhden tunnin keskiteho. Loistehon laskutusteho on kuukauden suurin mitattu loisteho, josta on vähennetty joko 40 % saman kuukauden suurimmasta mitatusta päätötehostä tai vähintään 50 kvar. Keskijännitetelesiirto on käytettävissä 10 kV:n ja 20 kV:n jännitetasoilla.

Vuosisiirto

Vuosisiirtomaksu peritään jokaiselta alkavalta 40 W:n liittymisteholta. Mikäli kyseinen liittymisteho ei ole ympärivuorokautisessa käytössä, vaan sitä ohjataan esimerkiksi Helsingin julkisen ulkovalaistuksen käytön mukaan, voidaan laskutusperusteena olevaa liittymistehoa alentaa lyhentyneen käyttöajan suhteessa. Vuosisiirtoa voidaan käyttää kohteissa, joissa sähkön mittausta ei voi kohtuudella järjestää. Vuosisiirron lisäksi veloitetaan sähkövero, joka määräytyy 40 W:n teholla kulutetun sähköenergian perusteella.

Ohjattu yösiirto

Päiväsiirron hinta on voimassa arkipäivinä maanantaista lauantaihin klo 7–21. Yösiirron hinta on voimassa muina aikoina. Ohjatun yösiirron käyttö edellyttää Helen Sähköverkko Oy:n hyväksymää kuorman ohjausjärjestelmää. Helen Sähköverkko Oy ohjaa kuormaa lämmön tarpeen mukaan. Helen Sähköverkko Oy voi rajoittaa ohjatun yösiirron valintaa sähkönjakeluverkoston kuormitusyistä.

Muut ehdot

Tuotteet ovat vapaavalintaisia Helen Sähköverkko Oy:n jakeluverkon alueella oleville asiakkaille hinnastossa mainituin rajoituksin.

Voimassa 1.1.2013 alkaen

Sähkön myyntihinnasto yrityksille ja yhteisöille

	alv 0 %	24 %*	
Yleissähkö			Yleissähkö
Perusmaksu €/kk	2,26	2,80	Yleissähköä myydään sopimuskohteisiin, joissa pääsulakkeen koko on enintään 3 x 63 A ja sähkön vuosikäyttö on alle 100 000 kWh.
Sähkö c/kWh	5,49	6,81	
Tuulisähkö			Tuulisähkö
Perusmaksu €/kk	2,26	2,80	Tuulisähkö on alkuperältään sertifioitua, tuulivoimalla tuotettua sähköä.
Sähkö c/kWh	5,87	7,28	
Aikasähkö A			Aikasähkö A
Perusmaksu €/kk	2,26	2,80	Päiväsähkön hinta on voimassa arkipäivinä maanantaista perjantaihin klo 7-20. Yösähkön hinta on voimassa muina aikoina. Vapunaatonna, juhannus-
Päiväsähkö c/kWh	6,24	7,74	aatonna, jouluaatonna ja uudenvuodenaatonna noudatetaan yösähkön hinnoittelua.
Yösähkö c/kWh	5,07	6,29	
Business Teho			Business Teho
Perusmaksu €/kk	3,00	3,72	Päivähinnat ovat voimassa klo 7-22. Muina vuorokaudenaikoina ovat voimassa yöhinnat. Talvikuukausia ovat marras-, joul-, tammi- ja maaliskuu.
Tehomaksu €/kW, kk	0,55	0,68	Muut kuukaudet luetaan kesäkuukausiksi. Päätötehon laskutusteho on kuukauden suurin päivähinnan voimassaoloaikana mitattu yhden tunnin keskiteho.
Kesäpäiväsähkö c/kWh	5,45	6,76	
Kesäyösähkö c/kWh	5,07	6,29	
Talvipäiväsähkö c/kWh	5,82	7,22	
Talviyösähkö c/kWh	5,22	6,42	
Business Vuosi			Business Vuosi
Perusmaksu €/kk	3,00	3,72	Vuosimaksu peritään jokaiselta alkavalta 40 W:n liittymisteholta. Hinnoittelua voidaan käyttää kohteissa, joissa sähkön mittaus ei voi kohtuudella järjestää. Laskutusperusteisiin vaikuttavista teknisistä tms. muutoksista on aina sovittava erikseen Helsingin Energian kanssa.
Vuosimaksu €/40W, vuosi	20,37	25,26	
Business Spot			
Perusmaksu €/kk	5,00	6,20	
Toimitusmaksu c/kWh	0,19	0,24	
Business Spotin sähköenergian hinta (c/kWh) yksittäisellä toimitustunnilla on Nord Pool -sähköpörssissä Suomen hinta-alueelle noteeratun spot-sähkön hinnan mukainen.			

* Arvonlisäverolliset hinnat on pyöristetty kahteen desimaaliin.

Yhden Business Vuosi -hinnoittelulla tehdyn sopimuksen piiriin voidaan kirjata useampia toimituskohteita, jolloin perusmaksun vaikutus ei kertaannu.

Business Spot

Toimitusmaksu peritään kaikesta asiakkaalle toimitetusta sähköstä. Mikäli sähkön käyttöä ei mitata ja rekisteröidä tunneittain, sähkön kuukausittainen hinta lasketaan käyttäen Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä n:o 491 määriteltyä ryhmä 3:n tyyppi-kuormituskäyrää.

Muut ehdot

Sopimus ja hinnat ovat voimassa toistaiseksi. Hinnat eivät sisällä sähkönsiirtoa.


Tuotteet ovat vapaavalintaisia sähkömarkkinalain 21. §:n mukaan Helsingin Energian toimitusvelvollisuuden piiriin kuuluville asiakkaille hinnastossa mainittuihin rajoituksiin Helsingissä. Käyttöpäikassa on oltava tuotteen käyttöön soveltuva mittauslaitteisto.

Business Spot - ja Tuulisähkö-tuotteet ovat saatavissa kaikkialla Suomessa kohteisiin, joissa vuosikäyttö on alle 300 000 kWh.

Helsingin Energia Asiakaspalvelu asiakaspalvelu@helen.fi www.helen.fi	Postiosoite 00090 HELEN	Käyntiosoite Kampinkuja 2 Malmirinne 6	Avoimna Ma-pe 8.30-16.00	Puhelin Kotitaloudet: 010 802 802 Yritykset: 010 802 803
--	----------------------------	--	--------------------------------	--

Osa Carrierin ilmalauhdutteisten vedenjäähdytyskoneiden hinnastosta 2012 (teholuokat 160–802 kW)

Liite sisältää Carrierin ilmalauhdutteisten vedenjäähdytyskoneiden perushinnat teholuokille 160–802 kW. Liitteen sivulla 3 on eritelty mitä varusteita eri teholuokkien koneisiin on saatavilla ja mitä varusteita kuuluu perushintaan. Liitteen sivulla 5 on esitetty talvioptioiden hinnat.

 Carrier Oy - Finland	Carrier Commercial Systems 2012 LIST PRICES FINLAND	Section : 30RB 162 to 992
---	--	--

30RB AIR COOLED CHILLERS
R410A

AQUASNAP™
with PURON® refrigerant



30RB with Option 15 + 25A



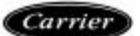
Standard unit delivered with **MCHX** Coils



CARRIER OY
Velokuja 4, 01610 Vantaa
Puh. +358 9 613 131
Fax. +358 9 6131 3500

Page No 1/17

Effective Date : September 1st, 2012

 Carrier Oy - Finland	Carrier Commercial Systems 2012 LIST PRICES FINLAND 30RB AIR COOLED CHILLERS	Section : 30RB 162 to 802
---	---	--

These air-cooled packaged chiller units are fully piped and charged with refrigerant HFC-410A. Weatherproof construction, lightweight distribution and small footprint make them ideal for rooftop or ground level installation. Upward discharge airflow minimizes directional sound and carries heat away from surrounding areas.

MAJOR FEATURES	30RB 162B-262B	30RB 302-622	30RB 602-802
Full Load Factory Run Test	Std	Std	Std
Compressors			
Rotary Scroll Compressors	Std	Std	Std
Rubber Vibration Isolators	Std	Std	Std
Across-the-line start	Std	Std	Std
Compressor Discharge Shutoff Valves per circuit	OPT	Std	Std
Compressor Over temperature Protection (Scroll Protection Module)	Std	Std	Std
Patented Compressor Anti-Short Cycling Protection	Std	Std	Std
Compressor sound enclosure	OPT	OPT	OPT
Crankcase heaters	Std	Std	Std
Refrigeration circuit			
R-410A Refrigerant Charge	Std	Std	Std
Independent Refrigeration Circuits	Std	Std	Std
Long Stroke Electronic Expansion Valve (EXV)	Std	Std	Std
Moisture Indicating Sight Glass	Std	Std	Std
High Pressure safety protection by compressor	Std	Std	Std
Low Pressure Protection	Std	Std	Std
Filter drier with removable core	Std	Std	Std
Manual liquid line shut off valve	Std	Std	Std
Cooler			
Brazed plate heat exchanger	Std	NA	NA
Shell-and-tube cooler	OPT	Std	Std
Water/vibronic connections	OPT	OPT	OPT
Cooler Heater	OPT	OPT	OPT
Cooler Insulation	Std	Std	Std
Chilled Water Flow Switch	Std	Std	Std
Low Water Temp Protection	Std	Std	Std
Safety relief valve	Std	Std	Std
Condenser			
Micro-channel heat exchanger (MCHX)	Std	Std	Std
Traditional Copper / Aluminium condenser coil	OPT	OPT	OPT
Blygold Polyal - Coating with traditional Cu/Al Condenser Coils (note 1)	OPT	OPT	OPT
Super Enviro-shield MCHX coil corrosion protection (note 2)	OPT	OPT	OPT
Flying Bird™ Low Noise Fans	Std	Std	Std
Power and Control electrical box			
Single Point Power Entry	Std	Std	NA
Unit Mounted Non Fused Main Disconnect	Std	OPT	OPT
Hinged Access doors	Std	Std	Std
24 Volts Control Transformer	Std	Std	Std
Control Display Access Door	Std	Std	Std
Safeties and Controls			
Pro-Dialog control and display	Std	Std	Std
Two units Automatic Lead/Lag	OPT	OPT	OPT
Temperature & Pressure Display	Std	Std	Std
Chilled Water Temperature Reset based on Outdoor Air Temperature	Std	Std	Std
One step Demand Limit Control	Std	Std	Std
On/Off Chilled water pump control	Std	Std	Std
Dual set point	Std	Std	Std
RS 485 C&D port	Std	Std	Std
Frame and casing			
Base rail with anti-corrosion protection	Std	Std	Std
RAL 7035 paint finish on chassis and casing	Std	Std	Std
Coil end side panel	OPT	OPT	OPT
Compressor / Condenser Coils Grilles	OPT	OPT	OPT

Std	Standard Feature
OPT	Factory-Installed Option
NA	Not Available

Note 1 : Blygold is only available when unit is fitted with traditional Cu/Al coil, option 254
 Note 2 : Super Enviro-shield MCHX protection is only available on MCHX condenser coil

CARRIER OY
 Velhojuku 4, 01610 Vantaa
 Puh. +358 9 613 131
 Fax. +358 9 6131 3500

 Carrier Oy - Finland	Carrier Commercial Systems 2012 LIST PRICES FINLAND	Section : 30RB 162 to 802
---	--	---------------------------------

Digit number

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3	0	R	B	0	2	6	2	-	B	0	0	0	1	-	P	E	E

Product code

Legend

Digits 1 to 3: liquid chiller with rotary scroll compressors
Digit 4: model series, B air cooled cooling only, Q air to water heat pump
Digits 5 to 8: model number based on cooling capacity in kW
Digit 9: not used
Digit 10: index for major product modification (visible impact for customer)
Digit 11 to 14: counter used to generate an one time product code
Digit 15: not used
Digit 16: Country code / P with Montluel 30RB (European PED pressure vessel approval)
Digit 17 & 18, always EE (Montluel production)

List Price in Euros without Europack

Product code	List Price €
30RB0162-B	29 467 €
30RB0182-B	31 018 €
30RB0202-B	34 858 €
30RB0232-B	37 643 €
30RB0262-B	43 657 €
30RB0302-	50 331 €
30RB0342-	55 287 €
30RB0372-	59 356 €
30RB0402-	63 807 €
30RB0432-	67 315 €
30RB0462-	71 026 €
30RB0522-	78 227 €
30RB0602-	90 525 €
30RB0672-	97 616 €
30RB0732-	103 874 €
30RB0802-	110 196 €

ACCESSORIES - FIELD INSTALLED

Accessory code	Description	Used on	List price €
NEW	Vitautils connection available as an option 266		

CARRIER OY
Vetokuja 4, 01610 Vantaa
Puh. +358 9 613 131
Fax. +358 9 6131 3500

Page No 3/17

Effective Date : September 1st, 2012

Kiinteistöön sopivan vedenjäähdytyskoneen investointilaskelmat

Vedenjäähdytyskoneen kustannusarvio			
	Malli: Carrier 30RB0372		
	Std. Hinta	59356 €	
	Talvioptio	2967 €	
	Kok.hinta	62323 €	
Putkisto			
	viraama	19 l/s	
	koko	150	(Valittu liitteen 9 taulukoiden perusteella)
	yksikköhinta	98,8 €/m	
	pituus yht.	46 m	(Laskettu kiinteistön pohjapiirustuksista)
	ivkoneh.	27,6 m	(Laskettu kiinteistön pohjapiirustuksista)
	norm.as	18,4 m	
	vaikea.as	27,6 m	
	vaikeusastelisä	1,3	(Vaikean asennuksen yksikköhintaan lisätään 30 %)
	osa-%	1,25	(Putkistoon tarvittaviin osiin lisätään 25 % kokonaispituudesta)
	hinta	6703,58 €	
Tarvikkeet			
	pumppu	2166,15 €	(Grundfos TP 100-70/4 A-F-A-GQQE)
	LS	3500 €	(Arvio)
	säätöventtiili	1569,7 €/kpl	
	määrä	1 €/kpl	
	hinta	7235,85 €	
Eristys			
	sarja	Ef13	
	koko	150	(Valittu käytetyn putkikoon perusteella)
	yksikköhinta	25,8 €/m	
	pituus	46 m	(Laskettu kiinteistön pohjapiirustuksista)
	ivkoneh.	27,6 m	(Laskettu kiinteistön pohjapiirustuksista)
	norm.as	18,4 m	
	vaikea.as	27,6	
	vaikeusastelisä	1,3	(Vaikean asennuksen yksikköhintaan lisätään 30 %)
	osa-%	1,25	(Putkistoon tarvittaviin osiin lisätään 25 % kokonaispituudesta)
	hinta	1631,85 €	
Urakoitsijan kulut	+20%		(Urakoitsijan kuluiksi lisätään 20 %, joka sisältää urakoitsijan katteen)
Putkisto ja tarvikkeet	18685,54 €		
VJK putkistoineen ja tarvikkeineen	81008,54 €		
Suunnittelutöihin liittyvät kustannukset +15 % kokonaismäärästä	12151,28 €	(Arvio)	
Rakennustöihin liittyvät kustannukset +15 % kokonaismäärästä	12151,28 €	(Arvio)	
Rakennuskustannukset	5000 €	(Arvio)	
Sähkötyöt	5000 €	(Arvio)	
Rakennusautomaatiotyöt	5000 €	(Arvio)	
Vanhan vedenjäähdytyskoneen purku			
+ jätteiden hävitys	5000 €	(Arvio)	
Kok.hinta-arvio	125311,1 €		
sis. jäähdytyslaitteen, putkityöt varusteineen ja eristysineen, suunnittelu- ja rakennuskustannukset			

Vaihtuvatoimisen lämpöpumpun kustannusarvio			
		Malli: Carrier 30RQ0372	
		Hinta	68259,4 €
		Talvioptio	2967 €
		Kok.hinta	71226,4 €
Etyleeniglykoliipiri			
	Putkisto		
		viraama	19 l/s
		koko	150 (Valittu liitteen 9 taulukoiden mukaan)
		yksikköhinta	98,8 €/m
		pituus	46 m (Laskettu kiinteistön pohjapiirustuksista)
		ivkoneh.	27,6 m (Laskettu kiinteistön pohjapiirustuksista)
		norm.as	18,4 m
		vaikea.as	27,6 m
		vaikeusastelisa	1,3 (Vaikean asennuksen yksikköhintaan lisätään 30 %)
		osa-%	1,25 (Putkistoon tarvittaviin osiin lisätään 25 % kokonaispituudesta)
		hintaa	6249,1 €
	Tarvikkeet		
		pumppu	2166,15 € (Grundfos TP 100-70/4 A-F-A-GQQE)
		LS	3500 € (Arvio)
		säätöventtiili	1569,7 €/kpl
		määrä	1 €/kpl
		hintaa	7235,85 €
	Eristys		
		sarja	Ef13
		koko	150 (Valittu käytetyn putkikoon perusteella)
		yksikköhinta	25,8 €/m
		pituus	46 m (Laskettu kiinteistön pohjapiirustuksista)
		ivkoneh.	27,6 m (Laskettu kiinteistön pohjapiirustuksista)
		normas.	18,4 m
		vaikea.as	27,6 m
		vaikeusastelisa	1,3 (Vaikean asennuksen yksikköhintaan lisätään 30 %)
		osa-%	1,25 (Putkistoon tarvittaviin osiin lisätään 25 % kokonaispituudesta)
		hintaa	1631,85 €

sis. lämpöpumpun, putkityöt varusteineen ja eristyksineen, suunnittelu- ja rakennuskustannukset

Etyleeniglykoliputkiston putkimitoitustaulukot

Liitteessä on esitetty mitoitustaulukot putkikoon ollessa 110–200 käytettäessä 30-tai 40-tilavuusprosenttista etyleeniglykolia. Mitoituskriteerinä käytettiin kitkapainehäviön ollessa alle 100 Pa/m ja mitoitus tehtiin tilavuusvirran perusteella.

VESI-GLYK 30%
t=0 °C

v= 4.8E-06 m²/s
tiheys= 1045 kg/m³

putkikoko ds [mm]	110 115	125 130	135 140	150 155	175 180	200 205
qv [l/s]	w = virtausnopeus [m/s] R = painehäviö [Pa/m]					
5	0.48 32.14	0.38 17.95	0.32 12.62			
10	0.96 108.10	0.75 60.38	0.65 42.46	0.53 26.18		
20	1.93 363.59	1.51 203.09	1.30 142.83	1.06 88.08	0.79 43.29	0.61 23.34
30	2.89 739.22	2.26 412.91	1.95 290.39	1.59 179.07	1.18 88.01	0.91 47.45
40		3.01 683.13	2.60 480.42	2.12 296.25	1.57 145.61	1.21 78.51
50			3.25 709.93	2.65 437.77	1.96 215.17	1.51 116.01
60				3.18 602.30	2.36 296.04	1.82 159.61
70				3.71 788.81	2.75 387.71	2.12 209.03

VESI-GLYKOLI 40%
t=0 °C

v= 5.0E-06 m²/s
tiheys= 1060 kg/m³

putkikoko ds [mm]	110 115	125 130	135 140	150 155	175 180	200 205
qv [l/s]	w = virtausnopeus [m/s] R = painehäviö [Pa/m]					
5	0.48 32.93	0.38 18.40	0.32 12.94			
10	0.96 110.77	0.75 61.88	0.65 43.52	0.53 26.83		
20	1.93 372.59	1.51 208.12	1.30 146.37	1.06 90.26	0.79 44.36	0.61 23.92
30	2.89 757.52	2.26 423.14	1.95 297.58	1.59 183.50	1.18 90.19	0.91 48.63
40		3.01 700.04	2.60 492.32	2.12 303.58	1.57 149.21	1.21 80.45
50			3.25 727.51	2.65 448.61	1.96 220.50	1.51 118.88
60				3.18 617.22	2.36 303.37	1.82 163.56
70				3.71 808.34	2.75 397.31	2.12 214.21

Handwritten notes:
 - Next to 125/130: 1.45 l/s
 - Next to 150/155: 1.05 l/s
 - Next to 175/180: 0.75 l/s
 - Next to 200/205: 0.61 l/s
 - Next to 40/205: (405 l/s)
 - Next to 50/205: (55 l/s)
 - Next to 60/205: (110 l/s)

Liitteenä on mitoitusdiagrammi, jota käytettiin lämmitysputkien mitoitukseen vaihtuvatoimiselta lämpöpumpulta lämmönjakohuoneeseen. Mitoituskriteerinä käytettiin kitkaspainehäviön ollessa alle 50 Pa/m ja mitoitus tehtiin tilavuusvirran perusteella.

